388
مايو
2012





وجه غايا المتلاشي

تحذير أخير

تأليف: جيمس لفلوك
ترجمة: د. سعد الدين خرفان



سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت

صدرت السلسلة في يناير 1978

أسسها أحمد مشاري العدواني (1923-1990) و د. فؤاد زكريا (1927-2010)

388

وجه غايا المتلاشي

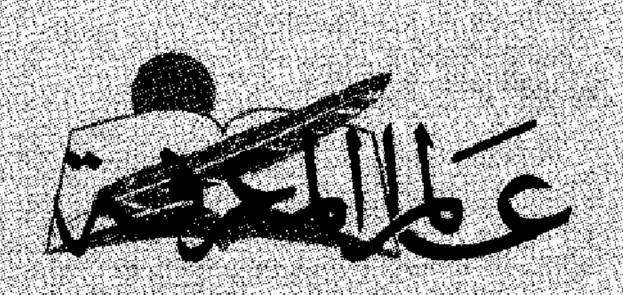
تحذير أخير

تأليف: جيمس لفلوك

ترجمة: د. سعد الدين خرفان



مايو 2012



سلسلة شهرية يصدرها

المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب

سعر النسخة

الكويت ودول الخليج	دينار كويتي
الدول العربية	ما يعادل دولارا أمريكيا
خارج الوطن العربي	أربعة دولارات أمريكية

الاشتراكات

دولة الكويت

للأفراد	15 د. ك
للمؤسسات	25 د. ك

دول الخليج

للأفراد	17 د. ك
للمؤسسات	30 د. ك

الدول العربية

للأفراد	25 دولارا أمريكيا
للمؤسسات	50 دولارا أمريكيا

خارج الوطن العربي

للأفراد	50 دولارا أمريكيا
للمؤسسات	100 دولار أمريكي

تسدد الاشتراكات مقدما بحوالة مصرفية باسم المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب وترسل على العنوان التالي:

السيد الأمين العام

للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب

ص. ب: 28613 - الصفاة

الرمز البريدي 13147

دولة الكويت

تليفون: 22431704 (965)

فاكس: 22431229 (965)

www.kuwaitculture.org.kw

ISBN 978 - 99906 - 0 - 360 - 6

رقم الإيداع (2012/234)

العنوان الأصلي للكتاب

The Vanishing Face Gaya:
A Final Warning

By

James Lovelok

Basic Books - Perseus, New York 2009.

طُبع من هذا الكتاب ثلاثة وأربعون ألف نسخة

جمادى الآخرة 1433 هـ - مايو 2012

المحتوى

1

رحلة في الزمان والمكان

«نحـــن مجرد شـــريك واحد بين عـــدة أنواع شـــريكة في مشروع غايا الكبير»
المؤلف

إن اســـتخدام الأيقونات أمر مهم، لقد هيمن الصليب والسيف المعقوف والمطرقة والمنجل على حياتنـــا وعلى تاريخنا لألفي عـــام. أما الأيقونـــة ذات المعنـــى الأعمق بالنســـبة إلـــى البعـــض منا فهي مشـــهد الأرض الأزرق والأبيـــض الـــذي رآه رواد الفضاء لأول مرة مـــن الفضاء الخارجي. تخضع هذه الأيقونة الآن لتغيرات عميقة مع ذوبان الجليد الأبيض، وتحول الغابات والمـــروج الخضراء إلى كثبـــان صحراوية، وفقدان المحيطات لونهـــا الأزرق المخضر وتحولها إلى اللون الأزرق الأنقى الشـــبيه بلـــون مياه حمامات الســـباحة مع تحولها هـــي الأخـــرى إلى صحـــارى. وهـــذا هو الســـبب الذي دفعني وأنا في التسعين من

العمـــر لأن أقلّد رواد الفضاء وأطير إلـــى الفضاء لأرى الأرض من الأعلى قبل أن تتلاشى معالمها. أود أن ألتقط ولو لمحة خاطفة للأرض التي عشت فيهـــا طوال عمري على الرغم من أن طبيبي دوغلاس تشـــامبرلين نبهني إلـــى أن المخاطرة ســـتكون كبيرة جدا. ولكنني ســـأمضي، على الرغم من التحذيـــرات، لأكرر التقاط لحظة وجدتها «يوريـــكا»(*) المثيرة تلك. وقبل أربعة وأربعين عاما عندما كنت أعمل في مركز بحوث الفضاء، وفي مخبر الدفـــع النفاث JPL في كاليفورنيا، ورأيت بعين عقلي كوكبنا كشـــيء فريد ربما في الكون، شـــيء ينبض بالحيـــاة. ومنذ ذلك الحين اعتقدت أن كلمة «الأرض» ليســـت ملائمة لوصف الكوكب الحي الذي نعيش فيه، ونشـــكل جـــزءا منه. إنني ممتن للمؤلف وليام غولدنـــغ لاقتراحه أن كلمة غايا(**) أكثر ملاءمة من الأرض. ولا أقل من بهجة رؤية كوكبنا الحي من ذاك العلو الشـــاهق، تلك السعادة البســـيطة في أن أرى بأم عيني كم هو كروي. كان لديّ بعض الشكوك في أن الأمر كذلك، ولكن كما هي حال كثير من الأمور فـــي الحياة والعلم أيضا، علينا أن نعتبرهـا كروية كأمر بديهي، على الرغم من أننا عندما نكون على الأرض تنبئنا عيوننا بأنها مسطحة.

ولك أن تتخيل دهشـــتي السارة لسماع أن رغبتي في رؤية الأرض مـــن الفضاء ســـتتحقق قريبا، وأنني ســـأرى من الســـماء فوق ولاية نيومكســـيكو كرتنا الأرضية بـــكل جلالها. فبدافع مـــن الكرم الرائع قدم الســـير ريتشـــارد برانسون المنحة، وأسس مســـبقا خط رحلاته فيرجـــن غالاكتيك (Virgin Galactic) إلـــى الفضاء ليجعلها ممكنة. ســـوف يمكنني إنجـــازه النهائي، الطيران في الفضـــاء، من أن أهـرب ولو لدقائق قصيرة قليلة مـــن جميع التبصرات الخارقة لحياة القرن الحادي والعشـــرين، وسيســـمح لي ذلك بأن أشارك في ذلك الشعور السامي لرواد الفضاء، بأن وطننا ليس المنزل أو الشارع أو البلد الذي نعيش فيه، بل هو الأرض نفسها.

(*) كلمة يونانية قديمة بمعنى: وجدتها، وقد ارتبطت تاريخيا بالعالم أرخميدس الذي صرخ بها عندما لاحظ ارتفاع منســـوب المياه عند انغماسه في البانيو، مكتشفا بذلك قانون طفو الأجسام داخل المياه، والذي صار يعرف بقانون أرخميدس [المحررة].

(**) غايا Gaia: في الأسطورة اليونانية ربة الأرض التي تزوجت من أورانوس Uranus.

هل هناك ضرورة لرؤية غايا، الكوكب الحي الوحيد في النظام الشمسي؟ فعلى الرغم من الانتكاسات الاقتصادية الأخيرة، تستمر الحياة في التحسن في معظم بلدان العالم، وحتى الفقراء في العالم النامي، على الرغم من سوء التغذية، يأكلون جيدا ويصابون أحيانا بالسمنة. وهناك فرص عديدة للترفيه بحيث لا يوجد سبب للملل في الليل أو النهار. وربما لسنا في حاجة إلى رؤية الأرض كما هي في الواقع، إذا كنا نستطيع أن نراها جيدا على موقع غوغل.

لكن الأمر مهم، وهو أهم من أي شيء آخر، علينا أن نراها كما هي لأن حياتنا تعتمد كلية على الأرض الحية. فلم يكن في إمكاننا أن نبقى ولو لحظة على كوكب ميت مثل المريخ، ونحن في حاجة إلى فهم الاختلافات بينهما. وإذا فشلنا في التعامل مع كوكبنا بجدية، فسنكون مثل أطفال يفترضون بيوتهم أمرا مسلما به، ولا يشكّون أبدا في أن الفطور سيأتي في بداية اليوم، ولن نرى ونحن نتمتع بحياتنا اليومية أن تكلفة إهمالنا يمكن أن تسبب قريبا المأساة الأكبر في ذاكرة الجنس البشري. فالأرض، لمصلحتها وليس لمصلحتنا، قد تجبر على الدخول في مرحلة حارة، حيث يمكنها البقاء، ولكن بحالة أدنى وأكثر صعوبة للعيش فيها. وإذا حدث هذا، كما هو محتمل، فسنكون نحن السبب في ذلك.

لا تغرّنك حالة التوقف المؤقت في التغير المناخي عندما تبقى درجة الحرارة ثابتة لسنوات عدة، أو حتى، كما في الوقت الذي أكتب فيه في المملكة المتحدة في العام 2008، تبدو وكأنها تنخفض. يسألني المصطافون والمزارعون الذين تحملوا جميعهم ببؤس شهري يوليو وأغسطس الباردين والرطبين والغائمين: أين الاحترار العالمي الآن؟ فبعيدا هناك في خليج المكسيك، حيث ظل سطح الماء دافئا لسنوات بشكل غير عادي، أصبح الآن أبرد مرة أخرى. واستعاد القطب المتجمد الشمالي أيضا العام 2007 قليلا من الضياعات الهائلة في الجليد (على الرغم من أن سماكة الجليد تتناقص بشكل خطير). وفي العالم الحقيقي، نادرا ما يكون التغير منتظما، فهو يأتي على شكل هبات ونوبات، وهو أقرب إلى عملية التقدم المتقطع في زحمة سير من الحركة الانسيابية على طريق مفتوح. ولكن

علـــى الرغم من أنه يبدو غير محتمل فـــي بعض الأحيان، فإن التغيير يتم حقا، وتزداد درجة حرارة الأرض سنة بعد أخرى. وهي في خطر أكثر من أي مرة أخرى بأن تتحول إلى حالة قاحلة حيث يمكن للبعض منا فقط أن يظلوا على قيد الحياة. لقد أدرك العلماء وعلى الأخص ســتيف شـــنايدر وجيم هانسن في الثمانينيات احتمال التغير المناخي الخطير نتيجة لتلويثنا الهواء بكميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون. وقد أدى هذا إلى إقناع عالم المناخ الســويدي البارز بيرت بولن الأمم المتحدة بتشكيل اللجنة الحكومية لتغير المناخ (IPCC)، حيث تولى الســير جــون هوتون وغلفان مايرو فيهو رئاســتها بالمشــاركة. وبدأت اللجنة بتجميع البراهين حول تغير الطبيعة الفيزيائية والكيميائية للغلاف الجوي العام 1990، وأصدرت تقاريرها في الأعــوام 1991 و1995 و2001 و2007، ومن خلال جهود هذه المجموعة المؤلفة من أكثر من ألف عالم من دول عديدة مختلفة، نعلم اليوم ما يكفي بشأن الغلاف الجوي للأرض لنخمّن بشكل ذكي شكل المناخ في المستقبل. لكن هذه التخمينات لم تستطع حتى الآن أن تطابق التغيرات الملحوظة في تغير المناخ إلى الحد الذي يجعلنا نثق بتنبؤاتها لعقود في المستقبل.

لقــد أصبحنا كلنـــا تقريبا الآن نعيش في المدن، بحيـــث إن القليل من الذين يعيشـــون في مدن النصف الشمالي من الكرة الأرضية يرون النجوم فـــي الليل. لقد عتّم تلوث الهواء والضوء على هذه الكواكب والنجوم بحيث لـــم يعد يرى ســـوى القمر والزهرة من خلال الوهـــج الليلي. غالبا ما رأى أجدادنا العظماء تجمعات النجوم واســتخدموا البولاريس(*) ليرشـــدهم، وفـــي الليالـــي الصافية أمكنهم حتـــى أن يروا درب اللبّانـــة، تلك الحزمة البيضاء الباهتة التي تعبر الســـماء، وتمثل منظرا جانبيا لمجرتنا. وماعدا بعض البحارة والمزارعين البعيدين لأميال عن أية منطقة عمرانية، والذين لايزالون يرون أعماق الســـماء المعتمة، فقـــد ضعنا كلنا في الجو الضبابي لعالم البشـــر، والذي كونته العولمة والمدن الكبرى. وبطريقة مماثلة، أصبح العلمـــاء حضريين ولـــم يتبنوا فكرة الأرض الحيـــة إلا أخيرا. ولازال على معظمهم أن يتقبلوا فكرة الأرض (غايا) ويجعلوها جزءا من عملهم.

(*) نجمة الشمال.

إننا نحاول أن نزيل بعض الأذى الذي سببناه، وسنحاول ذلك بجد أكبر، وبشكل يائس، مع ازدياد التغير المناخي سوءا، ولكن ما لم نر الأرض على أنها شيء أكثر من مجرد كرة من الصخور فمن غير المحتمل أن ننجح. ليس الأمر ببساطة مجرد كمية كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء، أو فقدان التنوع الحيوي مع إزالة الغابات؛ إن السبب الرئيس هو وجود عدد كبير جدا من البشر، مع حيواناتهم الأليفة، وقطعانهم، وهو عدد أكبر من قدرة الأرض على تحمله. ولا يمكن لأي عمل بشري طوعي أن يخفّض أعدادنا بسرعة كافية لتبطئ فقط التغير المناخي. ولمجرد وجودهم فإن البشر وحيواناتهم المدجنة مسؤولون عن أكثر من 10 أمثال الإصدارات من غازات الدفيئة لكل الرحلات الجوية في العالم.

ولا يبدو أننا نمتلك أدنى فهم لجدية مصيبتنا. وبدلا من ذلك، وقبل أن تتحول أفكارنا بسبب الانهيار المالي العالمي، يبدو أننا ضعنا في دوامة لا قرار لها من الاحتفال والتهاني. لقد كان جيدا الاعتراف بالجهود الكبيرة التي بذلتها الـ IPCC وآل غور بمنحهما جائزة نوبل، وأن يقوم عشرة آلاف شخص شجاع برحلتهم الطويلة إلى جزيرة بالي تحية لهما، ولكن لأنهم فشلوا في رؤية الأرض على أنها شيء حي وحساس فقد تجاهلوا لسوء حظنا مقدار عدم موافقتها على كل ما نفعله. وبينما نعقد اجتماعاتنا ونتكلم عن الإدارة، تتحرك غايا خطوة فخطوة نحو الحالة الحارة، تلك الحالة التي تسمح لها بأن تكون المتحكّم، ولكن سيكون القليل منا حيا ليجتمع ويناقش. وربما كنا نحتفل لأن صوت الـ IPCC الذي كان مقلقا فيما مضى، يتكلم الآن بارتياح عن الاتفاق، ويوافق على تلك المبادئ الغامضة من التنمية المستدامة والطاقة المتجددة. لقد اعتقدنا أنه يمكننا بهذه الطريقة أن ننقذ الأرض وأن نصبح أغنى أيضا، وهي نتيجة أكثر جلبا للسعادة من الحقيقة المزعجة.

لست كاساندرا(*) راغبة، وقد كنت فيما مضى متشككا علنا في قصص الفناء، ولكن علينا هذه المرة أن نأخذ بجدية احتمال أن يقضي الاحترار العالمي على البشر من كوكب الأرض. قد يبدو تشاؤمي نوعا

(*) كاساندرا، في الأساطير الإغريقية، هي محبوبة أبولو الذي سخرت منه بعد أن منحها نعمة التبصر على أن تستجيب لرغباته، فانتقم منها بأن جعل كل تنبؤاتها كاذبة [المحررة].

من الاستمداد المبالغ فيه. إنني أوافق على أن سلسلة مستمرة من البراكين القوية مثل بركان بيناتوبو العام 1991 قد تعكس تغير المناخ، كما قد يفعل واحد أو أكثر من المخططات الهندسية الجيولوجية التي تدرس الآن؛ وربما كانت توقعاتنا مخطئة. لكن التشاؤم مبرر نظرا إلى الاختلاف بين تنبؤات الـ IPCC وما وجده المراقبون في العالم الحقيقي في سبتمبر العام 2008. فكّر فقط في أنني بينما كنت أكتب هذا الكتاب في العام 2008، عمل أكثر من ألف من أفضل علماء المناخ في العالم لمدة 17 عاما للتنبؤ بالمناخ في المستقبل، ولكنهم فشلوا في التنبؤ بالمناخ كما هو اليوم. ولدي ثقة قليلة بالمنحنى الانسيابي الصاعد لدرجة الحرارة الذي يتنبأ به المنمذجون للسنوات التسعين المقبلة. إن تاريخ الأرض والنماذج المناخية البسيطة المؤسسة على كوكب حي وحساس، تقترح أن التغير المفاجئ والمثير أكثر احتمالا. ويشاركني علماء آخرون في تشاؤمي علنا مثل عالم المناخ المميز جيمس هانسن، الذي يجد كما أفعل أن الدليل المقدم الآن من الأرض، مع معرفة تاريخها، مزعج بشكل خطير. وأنا متشائم أكثر من أي شيء آخر لأنه يبدو أن عالم رجال الأعمال والحكومات يتقبلون من دون نقد الاعتقاد بأن التغير المناخي يمكن عكسه بسهولة وبفائدة أيضا.

لا تتوقع أن يتّبع المناخ المسار الانسيابي للارتفاع البطيء لكن المخدر في درجة الحرارة الذي تتنبأ به الـ IPCC، حيث يزداد التغيير ببطء، ويسمح بكثير من الوقت لتستمر الأعمال كالمعتاد. إن الأرض تتغير في الحقيقة بطفرات وهبّات مع فترات من الثبات، وحتى مع التراجع النسبي البسيط، بين القفزات نحو حرارة أعلى. لا يشبه التغير المناخي إطلاقا الهندسة المدنية الناعمة لطريق سيارات سريع يتسلق من دون انقطاع ممرا جبليا، لكنه أشبه بالجبل نفسه، إذ إنه عبارة عن سلسلة من المنحدرات، والوديان، والمروج المنبسطة، والمدرجات الصخرية، والهوات السحيقة. ولربما أراك مدير الاستثمار الذي يهتم براتبك التقاعدي في الماضي منحنى ناميا لاستثماراتك وهي تصعد بانتظام ومن دون انقطاع من الآن وحتى العام 2050؛ لكنّك الآن ستشك في هذا النمو المستمر والمنتظم وتعلم أن هذا

النمو قــد تعرقله نورثون روك(*) وليمان بــروذرز(**) على طول الطريق، ويمكن له حتى أن يســقط في هوة الانكماش العالمي. ومع ذلك فقد دعينا للاعتقاد أن درجة الحرارة ســترتفع بشكل ناعم لأربعين سنة مقبلة، ما لم نقم بالطبع بوضع ثاني أكســيد الكربون الموجــود في الغلاف الجوي في مكان آخر. قد تظن أنه لا يوجد شــبه بين التنبؤات المناخية والاقتصادية، ولكن هناك شــبها: فالنظامان معقّــدان وغير خطيين ويمكنهما أن يتغيرا فجأة ومن دون توقع. لقد قال ألان غرينســبان وهو حتى عهد قريب زعيم الاقصاد الأمريكي في مقابلة مع «بي بي ســي» إنه رفض لهذا الســبب أن يتنبأ بمسار الاقتصاد العالمي؛ وقد حذّر سير بارثا ديسجبتا عالم الاقتصاد البارز من جامعة كامبريدج من أن النماذج الاقتصادية تشاطر النماذج المناخية في تنبؤها المتغير. لقد صرحا بهذا الادعاء الحكيم قبل الانهيار الاقتصادي في العام 2008 ونعلم الآن أن الديون الضخمة التي سبّبها العالم الأول كانت الســبب في ذلك. وليست لدينا أي فكرة عن متى سيجلب ديننا البيئي علينا انهيارا أكبر، ندرك فقط أن ذلك سوف يحدث غالبا.

يبدو أننا نســينا أن العلم ليس مبنيا علــى نظرية ونماذج فقط، فالتجربة والملاحظــة الأكثر صعوبة وتكــرارا تؤديان دورا مهما أيضــا. ربما غيّر العلم في الســنوات القليلة السابقة لأسباب اجتماعية، طريقة عمله. فالملاحظة في العالــم الواقعــي والتجارب على المقياس الصغير علــى الأرض تحتلان المركز الثانــي مقارنة بالنماذج النظرية التي تــزداد تكلفتها وتعقيدها باطراد. وربما كان مــن الملائم إداريا وسياســيا العمل بهذه الطريقة، لكــن النتائج قد تكون سيئة. فخزّاننا فارغ تقريبا من المعلومات، ونحن نعمل على نجار نظري، يصدق هذا بصورة خاصة على البيانات من المحيطات التي تشكل أكثر من 70% من سطح الكرة الأرضية، وعلى استجابات الأنظمة البيئية للتغير المناخي، وبشكل يوازيه في الأهمية، تأثير التغير في المحيطات والأنظمة البيئية على المناخ.

(*) Northern Rock: بنك بريطاني يعد من أول ضحايا أزمة قروض التمويل العقاري الأمريكية في المملكة المتحدة، ونتيجة لتلك الأزمة انتقل البنك لملكية الدولة في العام 2008 [المحررة].

(**) Lehman Brothers: بنك اســتثماري أمريكي بدأ انهياره في صيف العام 2007 بتكشف أزمة ســوق الرهن العقاري، حيث كان لاعبا أساســيا في سوق القروض العقارية، ليعلن إفلاسه في العام 2008 [المحررة].

إن الأفــكار التي تتبع من نظرية غايا تضعنا في مكاننا الصحيح كجزء من نظام الأرض، لســنا المالكين، أو المديرين، أو حتى المسؤولين القياديين، أو المســيطرين. فلم تتطور الأرض لمصلحتنا فقــط، وأي تغيرات نقوم بها ستكون على حسابنا. ويوضح هذا النمط من التفكير أنه ليست لدينا حقوق إنسان مميزة؛ فنحن مجرد شريك واحد بين عدة أنواع شريكة في مشروع غايــا الكبير. إننــا مخلوقات التطور الدارويـنــي، مخلوقات مرحلية بفترة حيــاة محددة، كما كان حال أجدادنا العديدين جميعهم. ولكن على نقيض كل ما ظهر على الأرض تقريبا قبلنا، فإننا أيضا حيوانات عاقلة واجتماعية ونملك احتمال أن نتطور لنصبح حيوانات أعقل وأحكم، حيوانات يمكن لها أن تمتلك إمكانية أكبر كشــريك لبقية أنواع الحياة على الأرض. إن هدفنا اليــوم هو أن نحافظ علــى بقائنا وأن نعيش بطريقــة تعطي هذا التطور المنشــود الفرصة الأفضل. لقد ناقش الفيلســوف جون غراي المدى الذي لانــزال نتطور ضمنه ككائنات عاقلة، وأنه مازال أمامنا مشــوار طويل كي نصل حتى إلى مدى تقديرنا لأنفسنا. هل نعتقد حقا أننا نحن البشر، غير المدربين تماما كما نحن الآن، نمتلك الذكاء أو القدرة على إدارة الأرض؟

لقد أصبحنا بارعين في إخفاء الأنباء الســيئة، وربما كان هذا سبب عدم حبنا للتقارير التي جلبها علماء شــجعان وحقيقيون خرجوا للعالم، مثل تشــارلز ديفيد كيلينغ وابنه رالف، اللذين راقبــا فترة طويلة وبدقة كبيرة غاز ثاني أكســيد الكربون على قمة جبل ماونا لاو، أو العالم أندرو واتسون الذي أخذ قياســات شتوية من سفينة تطفو على البحار الباردة والعاصفــة القريبة من غرينلاند. وهناك عــدد قليل من العلماء أمثالهم يقومون الآن بقياس درجة الحرارة، وارتفاع مســتوى ســطح البحر، وقد نشر ســتيفان راهمستوف وزملاؤه قياســاتهم في مجلة العلوم في مايو العام 2007. لقد وجدوا أن مســتوى ســطح البحر يرتفع أســرع بـ 1.6 مــرة، وأن درجة الحــرارة ترتفع بـ 1.3 مرة أعلى من تلك التي تنبأت بها الـ IPCC العام 2007. لقد ذهلنا جميعا لاكتشــافنا في سبتمبر 2007 أن الجليد الذي يطفو على سطح القطب الشمالي كله عدا 40% منه قد انصهــر فعلا. من الصحيح أن الضياع الملاحظ العام 2008 كان أقل من

ذلك بقليل، لكن الجليد المتبقي نحف بمقدار 1.5 قدم لأول مرة. إن هذه التغيرات أسرع بكثير من تنبؤات أكثر النماذج المناخية تشاؤما، ويمكن أن تكون لها، كما سنرى لاحقا، آثار خطيرة.

إنني أقدم من خلال نظرية غايا نظرة لمستقبلنا ومستقبل الأرض المحتملين مع تطور التغير المناخي. وهي تختلف عن تلك التي يطرحها معظم علماء المناخ. وتأتي الاختلافات من الطريقة، وليس من الحقائق الأساسية. فمعظم نماذج التغير المناخي، على سبيل المثال، لا تتضمن الاستجابة الفسيولوجية للنظم البيئية لليابسة والمحيطات. وليس هذا ناجما عن خلاف بين النظريات المختلفة؛ إن هذا يعود إلى أن النماذج المناخية تمد قدراتنا العقلية والحاسوبية إلى مدى بعيد، بحيث يمضي وقت طويل قبل أن نتمكن من إدخال طرق جديدة بشكل موثوق، إنها تشبه بعض الشيء تغيير نظام المواصلات من الباصات إلى الحافلات الكهربائية في مدينة ما. وفي عالم مثالي يمكن للنماذج المناخية التي تتضمّن كل شيء أن تقلل الاختلاف أو حتى تزيحه، ولكن لا يمكننا أن نتحمل الانتظار للحصول على نماذج كاملة. علينا أن نتصرف الآن، ولذا فإنني أقدم تنبؤات مبنية على نماذج بسيطة من نظرية غايا وعلى براهين من الأرض الآن وفي الماضي.

يؤسس علم المناخ المهني على الجيوفيزياء والجيوكيمياء بشكل رئيس، ويفترض غالبا أن الأرض خاملة وغير قادرة على الاستجابة الفسيولوجية للتغير المناخي. وما يجعل الأفكار في هذا الكتاب مختلفة هو أنها مؤسسة على نظرية ثابتة للأرض غايا، والتي برهنت نفسها بالتنبؤات المتتالية، وبدأت تقبل على أنها الحكمة التقليدية لعلم الأرض والحياة. لا تفترض أن الحكمة التقليدية لدى العلماء تشبه الاتفاق بين السياسيين والمحامين. فالعلم يدور حول الحقيقة، ويجب ألا يهتم مطلقا بالعدالة أو بالتجاوب السياسي.

وعندما أنتقد الإجماع في الـ IPCC، فإنني أنتقد أكثر من أي شيء آخر عدم حكمة المديرين والسياسيين الذين أجبروا العلماء (أخمّن أن ذلك حصل من دون رغبتهم) على تقديم استنتاجات مراكز المناخ الوطنية والمحلية المختلفة بهذه الطريقة. وقبل أن أنهي هذا الكتاب، قرأت عمل

ستيف شنايدر الحديث المؤثر جدا «**مريض من جهنم**»، عن معركته الطويلة والمؤلمة ولكن الناجحة مع السـرطان. يذكر شنايدر، وهو أحد علماء المناخ الأبرز في العالم، في كتابه دوره في اجتماع للأمم المتحدة في جنيف خلال تطوير تقرير مجموعة العمل الثانية التابعة لـ IPCC العام 2001. ويصف كيف جرى التلاعب بالعلم الجيد الذي قدّم في الاجتماعات لإرضاء ممثلي الدول المختلفة المجتمعين كلهم. ويوضح الكتاب أن الكلمات التي استخدمت للتعبير عن عواقب الاحتـرار العالمي خففت حتى تكون مقبولة من ممثلي الـدول المنتجة للنفط، التي رأت أن مصالحها الوطنية مهددة من الحقيقة العلمية. وإذا كان هذا ما تعنيه الأمم المتحدة بالاتفاق، فلا يمكن توقع ظهور الحقيقة العلمية من مداولاتها، وسـنضلل بشأن أخطار الاحترار العالمي. وقد يكون هذا أيضا سبب تردد الحكومات الوطنية والوكالات الدولية في تمويل القياسـات والمراقبات بينما هي مسـتعدة لتمويل النماذج المناخية. فالقياسات من قبل العلماء أصعب على الانتقاد. لقد قيل إن الحقيقة هي الضحية الأولى للحـرب، ويبدو أن هذا يصدق على التغير المناخي أيضا. وإذا كنـت محقا أكثر من الإجماع، فـإن هذا يبدل بعمق الطريقة الأفضل للعمل الفردي والسياسـي. إن تخفيض حرق الوقـود الأحفوري وتخريب الغابات الطبيعية، لن يكون حلا كافيا لمسـألة الاحترار العالمي، ليس على الأقـل لأن التغير المناخي يبدو كأنه يحدث بسـرعة أعلى من قدرتنا على الاسـتجابة له، وقد يكون لا رجعة فيه. فكر في هذا: لقد أبرمت اتفاقية كيوتو منذ أكثر من عشر سنوات، ويبدو أننا لم نعمل لوقف تغير المناخ منذ ذلك الوقت سوى تقديم إشارات فارغة من المضمون تقريبا. وبسبب سرعة تغير الأرض، علينا أن نتجاوب كما لو كنا سـكان مدينة مهددة بالفيضان. فعندما يرون ارتفاع المـاء الذي لا يمكن إيقافه، يبقى خيارهم الوحيد هو الفرار إلى أرض أعلى؛ فمن المتأخر جدا بالنسبة إليهم أن يفعلوا أي شيء آخر، كما هو بالنسبة إلينا أن نحاول إنقاذ عالمنا المألوف.

من الصعب فهم مبدأ الأرض القابلة للسكن، حتى لو كان ذلك تشبيها. وسـأحاول أن أشـرحه لاحقا في هذا الكتاب، ولكن لنهمل الآن التباينات مثل أن الأرض لا يبدو أنها تعيد الإنتاج. إن الدليل على أن الأرض تتصرف

كنظام حي هو قوي الآن. يمكنها إما مقاومة التغير المناخي أو تسريعه، وما لم نأخذ هذا بعين الاعتبار فإننا لن نفهم تصرف الأرض أو التنبؤ به. فكر أنه مَن الغرور الاعتقاد أننا نعرف كيف ننقذ الأرض فكوكبنا يعتني بنفسه. كل ما يمكننا عمله هو محاولة إنقاذ أنفسنا.

يشعر البعض منا، ممن لا يزالون يتجولون في ما كان يدعى بالريف، بشيء خاطئ أو مفقود عندما يرون مزرعة حديثة، بحقولها المملوءة بمحاصيل من صنف وحيد، ويشعرون بالشيء نفسه عند رؤية الغابات المزروعة السوداء والمعتمة من الصنوبريات المغروسة في صفوف منتظمة بعضها قرب بعض لتعظيم كمية الخشب ونوعيته وبالتالي ريعية الغابات. ويجد القليل منا الخطأ الجسيم عندما يرى شاطئا رائعا أو مشهدا ريفيا وقد شوّه بمزارع التوربينات الهوائية الصناعية الضخمة. ومع ذلك إذا ذهبنا إلى غابة أو صحراء أو أي مكان آخر على سطح الأرض لم يلمسه بشر، حيث لاتزال الأشياء تنمو بتعاون ديناميكي فإننا سنجدها جميلة ولكنها مخيفة، مكان ينبه حواسنا إلى الخطر الداهم. وسيقول المكتشف المنفتح وهو يضع على رأسه قبعة الغابة، «هراء، لقد أمضيت معظم حياتي في القفار ولم أشعر بالتهديد قط». وينسى أنه أيضا يلبس حذاء ضد الثعابين، وأنه يحمل في حقيبته أقراصا لتعقيم المياه، وحبوبا ضد الملاريا. لا شك في أن خوفنا الغريزي من الحياة البرية حقيقي، فالمناطق الطبيعية معادية لسكان المدن الأبرياء تماما كسطح كوكب بعيد تسكنه الوحوش. إن أنواع الحياة من الأحياء المجهرية إلى الديدان إلى اللافقاريات إلى الثعابين والنمور وبالطبع البشر الآخرين، كل تلك الأحياء تمثل خطرا كامنا إذا عشنا بالقرب منها. ولا عجب أن يبتعد الإنسان البدائي بحقوله عن الطبيعة، وأن يصبح مزارعا بالتدريج، يرى في الأحياء جميعها عدا الحيوانات الداجنة، ومحاصيل الغذاء، والمساعدة المأجورة، والأقرباء مصدر أذى له. بنينا بعد ذلك المدن - الحصون - لتؤمننا من الحياة البرية وللتغلب على الريف، ولتلبية حاجاتنا للغذاء، والوقود، والمعادن، ومواد البناء. ما من شيء غير طبيعي في عملية التطور هذه. فقد فعلها النمل والحيوانات الاجتماعية الأخرى بطرقها الخاصة أيضا. إن ما يجعلنا نختلف عن كل ما قبلنا هو

أننا نجونا من أسباب الموت المبكر، والافتراس، والمجاعة والمرض - الأشياء التـــي أرعبتنا فيما مضى. لقد تكاثرنا الآن ووسّـــعنا مدننا، وملأناها إلى درجـــة زحمنا فيها الأرض وحوّلنا كابـــوس مالثوس(*) المرعب إلى حقيقة، على الرغم من قدرتنا المتعاظمة على الحفاظ على حياتنا، التي لم يتوقعها. إن العالـــم الطبيعي خارج مزارعنا ومدننا ليس مجرد زينة ولكنه يفيد في تنظيـــم كيميـــاء الأرض ومناخها، والأنظمة البيئية هـــي أعضاء غايا التي تمكّنها من الحفاظ على كوكبنا القابل للسكنى.

ربمـــا تعتقـــد أنني أبالـــغ، ولكن منذ متى جلســـت على ضفـــة دافئة، ومعشوشبة، تحت أشعة الشمس، وشممت الزعتر البري، أو رأيت النباتات البرية الصفراء والبنفســـجية المائلة؟ أراهن أن هذا حدث منذ زمن طويل إن كان قد حدث أصلا. كان في إمكان شكسبير أن يفعل ذلك عندما عاش في لندن، لأن مثل تلك الضفة المعشوشـــبة كانت على مســـافة قريبة مشيا مـــن بيته، وعندما كنت صبيا أعيش فـــي لندن الجنوبية منذ ثمانين عاما، كانت الحافلة تأخذني إلى مثل تلك الضفة في ثلاثين دقيقة؛ أما الآن فإن هذا مســـتحيل تقريبا. إن المدينة وحواشيها الزراعية موجودة في كل مكان الآن، وهي ضخمة جدا.

إذا كان هـــذا يبدو تصورا إنجليزيا ضيقا بعض الشـــيء لتغير الأرض، فإنه مسألة جغرافيا، وليس تعصبا عنصريا. فمع اشتداد الأزمة المناخية، ســـيتأثر العالم بكامله، ولكن بطرق مختلفة. لقد ذكّرنا السير جون هوتون فـــي كتابه «**الاحترار العالمي**»، الذي نشـــر العام 2004، أن أعظم التغيرات المناخية ســـتكون في المناطق القطبية. ســـيذوب الجليـــد الطافي أولا، ثم ستنحسر القبعات الجليدية لغرينلاند والقطب الجنوبي؛ وستكون عواقب تغير المناخ في القطبين هي زيادة درجة الحرارة وارتفاع مســـتوى ســـطح البحـــر للعالم بأكمله، وعندها سنشـــعر جميعنا بهذا التغير. وما عدا تلك المناطق الاستوائية التي تكون فيها الجبال قريبة من المحيط الدافئ بحيث

(*) نســـبة إلى توماس مالثـــوس (1766 - 1834)، وهو مفكر اقتصادي وسياســـي إنجليزي اشـــتهر بنظريته المؤثرة عن التكاثر السكاني، والتي تضمنت حتمية النقص في الموارد الغذائية نســـبة إلى زيادة الســـكان. ويرى البعض أن نظريته تلك اتخذت مبررا للإبادة الجماعية لكثير من الشعوب [المحررة].

تجلـــب لها الأمطـــار، فإن الحرارة المتزايدة ســـتعني الجفاف والخســـارة المدمـــرة في إنتاج الغذاء. يجلـــب الطقس الحار أمطارا أكثر، لكنها تجري فـــي فيضانات عارمـــة أو تتبخر بســـرعة كبيرة، بحيث تكـــون أقل فائدة لنمـــو المحاصيل مقارنـــة بالمطر الناعم الذي يهطل علـــى أرض باردة مثل إيرلندا. وبالنســـبة إلـــى المناطق القارية حيث يعيـــش معظمنا في نصفي الكرة الشـــمالي والجنوبي؛ ســـيزداد الجفاف في الصيف. وفي الولايات المتحدة ستعود مرة أخرى ذكريات العواصف الترابية في الثلاثينيات. لقد عانت أستراليا مسبقا من أحد عشر عاما من الجفاف المتواصل. وسيذكر الأوروبيون صيف العام 2003 الفظيع، وفي الصين وأفريقيا وجنوب آسيا ســـتكون المجاعة هي العدو المألوف. وكقدم فيل على كثيب للنمل، سيحطّم الاحترار العالمي الحياة في سهول القارات.

كيف ســـتكون الحال بعد عدة سنوات؟ رأينا كيف أن الأرض مرت العام 2007 بمرحلة حرجة عندما انحســـرت مساحة الجليد الطافي في القطب الشـــمالي في الصيف بـ 3 ملايين كم^2 أكبر من المعتاد، وهي مســـاحة أكبر من إنجلترا بثلاثين مرة. وعلى الرغم من الحرارة الممتصة، فلم ترتفع درجة حرارة العالم؛ وفي الحقيقة فإنهـــا انخفضت قليلا، ربما لأن إذابة الجليد تحتاج إلى 81 مرة من الحرارة التي ترفع الكمية نفسها من الماء درجة مئوية واحدة. وتدعى خاصة الجليد هـــذه بـ «الحرارة الكامنة». ويمكنك التحقق من ذلك بنفســـك بتحضير كأس شـــاي مملوءة تقريبا بالماء المغلي. سيكون الشـــاي حارا جدا لتحتســـي منه. وإذا أضفت ماء باردا لتبريده فنادرا ما سيؤدي المطلوب، ولكن إذا أضفت مكعبا واحدا من الثلج فسيبرد بما يكفي لتشربه كله في ثوان. وخلال بضع سنوات أخرى قد يختفي الجليد الطافي كله، وســـتكون الشمس حرة في تسخين محيط القطب الشمالي المعتم، ولن تكـــون لها بعد ذلك المهمة العبثية في محاولة إذابة الجليد الأبيض العاكس الذي يرد 80% من أشـــعة الشـــمس التي يتلقاها، بحيث تحتاج إذابته إلى استهلاك معظم الطاقة المشعة التي كانت ستسخن المحيطات. تذكر حقيقة أنـــه قبل أن يتمكن المنـــاخ من العودة إلى ما كان عليه قبل الثورة الصناعية، يجب تجميد الجليد الذي ذاب جميعه مرة أخرى، وهذا يعني إعادة ســـداد

ديـــن الحرارة الكامنة للجليد. ويحذر العالم الأمريكي والي بروكر في كتابه الجديد «**إصلاح المنـاخ**» الذي ألفه مع روبرت كونزيغ من إمكان حدوث تغير مناخي مدمر نتيجة تغيرات بسيطة في مناخ القطب الشمالي.

قد تفلت بعض أنحاء العالم من الأســوأ. ســتبقى المناطق الشــمالية في كندا، وإسكندنافيا، وســيبيريا غير المتأثرة بارتفاع مستوى المحيطات سوف تبقى قابلة للســكنى، وكذلك بعض الواحات في القارات، ومعظمها في المناطق الجبلية حيث لايزال المطر والثلج يهطلان. ولكن الاســتثناءات الأبرز لهذه المحنة العالمية ســتكون البلدان الجزر مثل اليابان، وتاسمانيا، ونيوزيلانــدا، والجزر البريطانية، وجزر عديــدة أخرى أصغر. وحتى في المناطق الاستوائية، قد لا يؤدي الاحترار العالمي إلى تهديد سكان الجزر مثل جزر الهاواي، وتايوان، والفليبين. وســتكون الجزر البريطانية ونيوزيلاندا بــين الدول الأقل تأثرا بالاحترار العالمــي. فمن المحتمل أن يفضّل موقعها المحيطــي المعتدل مناخــا قادرا على دعم زراعة وفيرة. وســتكون من بين قوارب النجاة للبشرية. وبالنســبة إلى الدول التي تحتل أواسط القارات، فإن كل شــيء سيعتمد على كثافتها الســكانية. فالولايات المتحدة وروسيا الاتحاديــة محظوظتــان لأن لهما كثافة ســكانية أقل بــ 8 و30 مرة على التوالي من بريطانيا، وتحتويان كلتاهما على مناطق شاســعة من الأراضي المتجمّدة مسبقا في مناطقهما الشمالية. أما شبه القارة الهندية، والصين، وجنوب شــرقي آســيا فهي مكتظة ســكانيا، وبعض الدول مثل بنغلادش مهددة فعلا بارتفاع مستوى سطح البحر.

وسيكون العالم البشري المؤلف من جزر على شكل قوارب نجاة محدودا بتوافــر الغذاء، والطاقة، ومكان العيش. تختلف قواعد عالم قوارب النجاة حيــث البقاء هو الأهم كلية عــن تلك القواعد المرفهــة والمريحة للنصف الثاني من القرن العشــرين. ولا أســتطيع إلا أن أتســاءل: كيف ســنتدبر أمورنا، كيف ســيقرر بعضنا من الذين يعيشون على الأجزاء الأكثر جاذبية من الأرض من من الظمأى سيسمح له بالدخول؟ فنحن في المملكة المتحدة لم يبق لنا ســوى مساحة بسيطة من الأرض لنزرعها ونطعم أنفسنا منها، ولكننــا مع اللاجئين إلينا قد لا نقدر على فعل ذلك بأي حال لأن معظمنا

حضريون، ولا نكترث إلا قليلا بالعالم خارج المدينة، ولا ندرك أن حياتنا تعتمد عليه. إن رؤى الاتحاد الأوروبي النبيلة والخيّرة لـ «إنقاذ الكوكب» والتطور المستدام باستخدام الطاقة «الطبيعية» فقط، ربما كان من الممكن لها أن تنجح العام 1800 عندما كان هناك مليار شخص من البشر فقط، لكنها الآن ترف غير واقعي تماما لا يمكننا تحمله. وفي الحقيقة قد تكون العقيدة البيئية التي يبدو أنها تلهم أوروبا الشمالية والولايات المتحدة اليوم في نهاية المطاف مدمرة للبيئة الحقيقية كما كانت العقائد الإنسانية السابقة. وإذا أصرت الحكومات على تمرير مخططات الطاقة المتجددة غير الواقعية والمكلفة، فسنكتشف قريبا أن معظم الريف سيصبح مكانا للحقول المزروعة بمحاصيل الوقود الحيوي، ومولدات الغاز الحيوي، ومزارع الرياح الصناعية، كل ذلك في الوقت الذي نحتاج فيه إلى تلك الأراضي لزراعة المحاصيل الغذائية، والأهم من ذلك لدعم مناخ وتركيب كيميائي قابل للعيش. لا تشعر بالذنب لاختيارك الخروج من هذا الهراء، فالتمحص الدقيق يظهره على أنه خدعة مزينة لمصلحة بعض الدول التي يغتني اقتصادها على المدى القصير ببيع توربينات الرياح، ومصانع الوقود الحيوي، وأجهزة الطاقة الخضراء الأخرى. ولا تؤمن للحظة بكلام البائعين بأن هذه الأجهزة سوف تنقذ الكوكب. إن نغمة رجال البيع تشير إلى العالم الذي يعرفونه، عالم المدن. فالأرض الحقة لا تحتاج إلى إنقاذ. يمكنها إنقاذ نفسها بنفسها، وسوف تفعل، وقد فعلت ذلك دائما، وقد بدأت الآن تفعل ذلك بالتغير إلى حالة أقل فائدة لنا وللحيوانات الأخرى. ما يعنيه الناس بالنداء هو «أنقذوا العالم كما نعرفه»، وقد أصبح هذا مستحيلا الآن.

أعتقد أنه من غير المحتمل أن يأتي أذى خطير من الاستخدام القليل للوقود الحيوي المصنوع من النفايات الزراعية، والمكرر تصنيعه زيت الطبخ، أو الحصاد المعتدل لطحالب المحيطات .. لكن زراعة محاصيل قصب السكر، والشمندر السكري، والذرة، والبذور الزيتية، واللفت، ونباتات أخرى من أجل إنتاج الوقود الحيوي فقط هو بالتأكيد أحد أخطر الإجراءات على الاطلاق. إن المشكلة بالنسبة إلى الجنس البشري هي،

كما عبر عنها وليام جيمس بقوله: «لا يمكن للإنســـان أبدا أن يحصل على ما يكفي مـــن دون أن يحصل على الكثير جدا»، ومتى اســـتخدمنا الوقود الحيوي لتحريك ســـياراتنا وشـــاحناتنا، فســـنحاول زراعته عالميا، بنتائج مدمـــرة. ولإعطاء فكرة عن الحجم الذي تم مســـبقا، خذ مثلا التشـــريع الطاقـــي للعام 2007 فـــي الولايات المتحدة، والذي خطـــط لـ 170 مليار دولار لمصافـــي الوقود الحيوي وبناها التحتية. لقد قال برنت إيركســـون، مـــن منظمة صناعة التقانة الحيوية (BIO): «لقد وصلنا إلى النقطة التي كنا عليها في خمســـينيات القرن التاسع عشر عندما قطّر زيت الكاز لأول مـــرة»، ثم يتابع ليقول إن القانون الجديد يتطلب إنتاج 36 مليار غالون من وقـــود الكحول مـــن عرانيس الذرة بحلول العـــام 2022. ومن الواضح من تصريحات إيركســـون، ومما يحدث الآن في البرازيل، ومن نوايا الأوروبيين أن الوقود الحيوي ليس مجرد صناعة صغيرة غير مؤذية؛ ولكنه يتألف من مشـــاريع اقتصادية ضخمة كالعادة. كم من الوقت سيمضي قبل أن نصبح معتمدين على الوقود الحيوي لتحريك سياراتنا وشاحناتنا؟

هل تعي الولايات المتحدة خطر الاحترار العالمي؟ إن القليلين يشكّون في أن الولايـــات المتحدة هي في الوقت الحالي الدولة الأولى في العلم والاختـــراع، ولا دليل أفضل على ذلك من جهاز الحاســـوب الذي يوجد على طاولاتنا كلها، ويؤدي على الأقل المهام التي كانت تقوم بها سكرتيرة الآلـــة الكاتبة. لقد لعبت الولايات المتحـــدة دورا مهما في تطويره. وإذا لم يكن هذا كافيا، فلدينا النزول على سطح القمر، ورحلات استكشاف المريخ، وأساطيل الأقمار المعقدة، من مرقاب هوبل إلى تلك التي تخبرك بالضبـــط مكان وجـــودك في العالم. كل هذا وما هو أكثر شـــاهد على المعرفـــة الأمريكيـــة وثقتها بإمـــكان تحقيق المهمة. وحتـــى نظرية غايا اكتشـــفت ضمن المناخ الخصب في مخبر الدفع النفاث في كاليفورنيا، وكان عالـــم الأحياء الأمريكي الشـــهير لين مارغوليـــس أول من فهمها وطورهـــا. بالطبع ظهـــرت التطورات في العلم والتقانـــة في أوروبا في القرون الوسطى، وانتقل مركز تميزها من أمة إلى أخرى. وبالنسبة إلى نظرية الحاســـوب وتقانته، قام باباج، وآدا لافليس، وأكثر الشـــخصيات

تراجيدية ألان تورنغ بالبحوث الأساسية في المملكة المتحدة. لقد بنى تورنغ مع مجموعته جهاز الحاسوب الفعلي الأول، واستخدمه لفك شيفرة أعدائنا غير القابلة للحل في الحرب. ولكن هذا ما كانت عليه الحال في الماضي. الآن أمريكا هي مركز العلم.

إنني أكيل هذه الأهزوجة من المديح للولايات المتحدة لأنني مندهش من أنها، على الرغم من تميّزها العلمي، كانت الأبطأ من بين الأمم جميعها في إدراك خطر الاحترار العالمي. وأشك في أن لهذا الجهل غير المتوقع علاقة بحقيقة أن استهلاك الفرد من الوقود الأحفوري هناك – وهو أحد المصادر المهمة للتدهور المناخي – أكبر من أي مكان آخر. إنني أراها أكثر نتيجة رؤية معظم العلماء الأمريكيين، بطريقتهم الاختزالية المباشرة الناجحة، للأرض على أنها شيء يمكن تطويره وإدارته، ويبدو أنهم يرونها مجرد كرة من الصخور التي تبلّلها المحيطات، وتتوضع ضمن حلقة نحيلة من الهواء. وحتى المريخ يبدو أنهم يرونه كوكبا يمكن تطويره عندما تصبح الأرض غير قابلة للسكنى. إنهم لا يرون الأرض حتى الآن كوكبا حيا ينظم نفسه بنفسه.

إنهم يفشلون في رؤية ذلك لأن الأرض استعمرت من الأحياء منذ ثلاثة مليارات ونصف المليار سنة على الأقل، وقد نظّمت درجة حرارتها وتركيب سطحها بتفضيلات الأحياء التي شكّلت غلافها الحيوي. كان هذا صحيحا في العصر الجليدي البارد، وهو صحيح الآن، وسيكون صحيحا في العصر الحار الذي سيأتي قريبا. وبالطبع فإن فيزياء الهواء وكيميائيته مهمتان في فهم المناخ، لكن مدير المناخ هو غايا كما كان دوما نظام الأرض الذي يشكل الغلاف الحيوي جزءا منه. كانت الخطيئة العظمى في علم القرن العشرين هي افتراض أن كل ما نحتاج إلى معرفته عن المناخ يمكن أن يأتي من نمذجة فيزياء الهواء وكيميائيته بوساطة حواسب قوية، ومن ثم افتراض أن الغلاف الحيوي يستجيب بحياد للتغير بدلا من إدراك أنه هو الذي يقود هذه التغيرات. ولأننا نقر لأمريكا بالتفوق العلمي، فإن معظم العالم يتبنى نظرتها الخاطئة على أنها الحقيقة. لقد أدرك العلماء البارزون، بشكل متأخر جدا، أن

الملاحظات والقياســـات الواقعية تخطّئ نظرة القرن العشرين للأرض على أنها مصدر سلبي. قد يكون هذا كافيا للتنبؤ بالطقس، ولكنه ليس كافيا للتنبؤ بالمناخ بعد عقود من الآن.

إن نوعيـــة العلماء المهنيين كأفراد في أمريـــكا لا مثيل لها، وهم الذين يراقبون البيئة العالمية بكل دقة، ويتبادر إلى ذهني فورا اســـم رالف كيلينغ وســـوزان ســـولومان، ولكن هنـــاك آخرين كثرا في المرتبة نفســـها يعملون في وكالـــة الفضاء ناســـا (NASA)، ومديرية المحيطـــات والجو الوطنية (NOAA)، وأقســـام العلوم في الجامعات. وتكفّر أمريكا عن نفسها أيضا من خلال الرســـائل القوية لآل غور، وجيم هانســـن، وســـتيف شنايدر. إن كلماتهم تجعلنـــا ندرك مقدار خطـــورة الاحترار العالمي، ولكن باســـتثناء ولســـون، وشـــنايدر، وروبرت تشارلســـون، وبعض علماء الأرض الآخرين، فإن الأغلبيـــة مازالت بعيدة عن الفكرة المعقدة عن الأرض الحية. ولاتزال اســـتجاباتنا وأفعالنا الجيدة لمنع الأســـوأ، أو ربما الهـــرب منه، تتطلب أن يعتنـــق العلم هذا المبدأ، ويتخلى عن أفـــكار التيار الغالب العقيمة عن علم الأرض والحيـــاة. لقد بدأ التغير في النظرة يظهر فـــي الولايات المتحدة، وربما سيعيد تأسيس زعامته في هذا الجزء الحيوي المهم من العلم.

ربما تعين تجنيد العلماء للخدمة كما حصل في الحرب العالمية الثانية، ولا أعني بهذا أن يكون لشـــيء يشـــبه مشروع مانهاتن(*). لقد حصل تغير زلزالي في توجهات العلماء في المملكة المتحدة خلال الحرب. وأتذكر جيدا مقابلتي لشـــغل وظيفتي الأولى كخرّيـــج جديد في يونيو 1941 في المعهد الوطني للبحوث الطبية، في هامســـتيد شمالي لندن في ذلك الوقت. كان الفاحص هو مدير المعهد، الســـير هنري ديـــل؛ وكان أيضا رئيس الجمعية الملكيـــة، الحاصل على جائزة نوبل. لقد كان عالمـــا كبيرا ورجلا لطيفا ذا أســـلوب مباشـــر. كان من بين كلماته الأولى لي: «دع جانبا كل الأفكار عن القيـــام بالعلم هنا - فالعلم مجمّد حتـــى تنتهي الحرب. كل ما يمكنني أن

(*) مشـــروع أمريكـــي لتطوير القنبلة النووية الأولى خلال الحـــرب العالمية الثانية (1939 - 1945)، نجح، بمشـــاركة من بريطانيـــا وكندا، في تفجير ثلاث قنابـــل نووية في العام 1945 في كل من صحراء ألا موغوردو في ولاية نيومكســـيكو الأمريكية، وهيروشـــيما وناغازاكي في اليابان [المحررة].

أقدمه لك هو مشاكل راهنة تحتاج إلى حل، اليوم أو الأفضل البارحة».
ثم أضاف: «بعد الحرب سنعود مرة أخرى إلى العلم الحقيقي، وسيكون هذا الانتظار مجزيا». وبالطبع كان السير هنري مخطئا. لقد زودت الحرب تربة خصبة للعلم الحقيقي عندما نحّي البحث العلمي البطيء في أيام السلم جانبا. لقد وجدت العلم أثناء الحرب مثيرا ومحرّضا، وعندما حلّ السلم استأت من العودة إلى ملاحقة المجد الشخصي وضياع الشعور بالدهشة اللذين يشوّهان العلم الحديث. تذكّر أن البنسلين طور لأول مرة خلال الحرب وكذلك ولد علم المضادات الحيوية بأكمله. تذكر أيضا عندما تستخدم المايكروويف أن الماغنترون الموجود داخله اخترع من قبل بوت وراندال في الأربعينيات لتحسين الرادار في أثناء الحرب. وقاد البحث العلمي في الرادار مباشرة إلى علم راديو الفلك وإلى فهم جديد حول الكون. وفي ألمانيا قادت الضغوط للاختراع زمن الحرب العالم فون براون إلى تطوير الصواريخ التي كانت الأساس لعلم الفضاء الذي مكّننا الآن من أن نأخذ الأقمار الاصطناعية أمرا مسلما به، وأن نرى استكشاف الكواكب بعربات آلية ترفا يسيرا.

يقرّ سياسيو العالم المتقدم بالتغير المناخي، ولكن سياساتهم تبدو كأنها لاتزال كما كانت في القرن العشرين، مبنية على نصيحة جمعيات البيئة ومجتمع رجال الأعمال الذين يرون منفعة ضخمة على المدى القصير من خطط الطاقة المدعومة. ويبدو أنهم نادرا ما يتصرفون بناء على نصيحة مستشاريهم العلميين. وفي بالي، وافق الزعماء السياسيون على تخفيض إصدارات الكربون كلها بنحو 60% بحلول العام 2050. ما الذي جعلهم يعتقدون أن في إمكانهم تخطيط سياساتهم للعالم لأربعين سنة مقبلة؟ إن السياسات المبنية على استمداد غير مبرر وعلى عقائد بيئية لا يمكن لها أن تتجنب التغير المناخي، وعلينا ألا نحاول حتى تنفيذها. وبدلا من ذلك على زعمائنا أن يركزوا عقولهم مباشرة في المحافظة على بلدانهم بوصفها مواطن قابلة للحياة. ومن الممكن إلهامهم ليفعلوا ذلك ليس من منطلق مصلحتهم الوطنية الأنانية فقط، ولكن كربابنة لسفن النجاة التي قد تتحول إليها بلادهم. وتتلكأ الحكومات في دعم الطاقة النووية على

الرغم من أنها أفضل وسيلة لخفض إصدارات ثاني أكسيد الكربون، ولكن هذا ليس هو السبب الأهم كي نقلد فرنسا ونولّد الكهرباء من اليورانيوم. الأهم هو أن المدن تتطلب مددا ثابتا واقتصاديا من الكهرباء، والذي أتى حتى وقت قريب من الفحم والغاز، ولكنهما الآن يتناقصان ولا بديل لهما سوى الطاقة النووية. وستكون هناك حاجة إلى دفق ضخم من الكهرباء للمدن العملاقة التي بدأت في الظهور، ويمكن تلبية هذا الطلب على المدى القصير فقط عن طريق التوسع السريع والقوي في الطاقة النووية. وبالنسبة إلى أوروبا فإن هذه الحاجة أكثر إلحاحا لأنها لا تمتلك إلا القليل من الأرض لزراعة المحاصيل الغذائية، والزراعة المكثفة تحتاج إلى طاقة وفيرة. ومع نضوب النفط، يجب تخليق الوقود للآلات المتحركة في البناء، والنقل، والزراعة. وليس من الصعب فعل ذلك من الفحم الحجري أو من الطاقة النووية، ولكن علينا أن نبدأ التحضير لها من الآن. وربما كان علينا أن نفكر في التخليق المباشر للغذاء من ثاني أكسيد الكربون، والنتروجين، والماء، واستنبات النسج.

وسيكون هناك سيل من المعلومات الخاطئة ضد الطاقة النووية من شركات الطاقة التي تهدد أرباحها وحتى من الدول التي ترى أن قوتها ونفوذها سيتناقصان. لا تصدق حكايات كتلك التي تدعي أن بناء مصدر جديد للطاقة النووية يستغرق من 10 إلى 15 سنة. فبناء المحطة يستغرق من الفرنسيين أقل من خمس سنوات، ولا يوجد أي سبب ليستغرق أكثر من ذلك، فالتأخير سببه الزمن الزائد الطويل الذي تستغرقه وكالات التخطيط، وغرف المحاكم، وجلسات الاستماع للجمهور. إنني آمل ألا يستمر البيئيون ومرافقوهم من المحامين في معارضتهم الخاطئة للطاقة النووية. إن معظمها غير عقلاني ومبني على سلسلة لا يمكن تبريرها من الأخطاء والمعلومات المضللة التي تضخمها وسائل الإعلام. وسيكون من الجيد لو قلل المحررون والصحافيون من رغباتهم في نشر قصة مخيفة، بدعوى أنه من دون إمداد وافر من الطاقة النووية فإن الحياة في مناطق عديدة يمكن أن تنحدر إلى حالة الفقر خلال عقد واحد أو اثنين. وبوضع البشرية أولا وإهمال غايا، يبذر العديد من البيئيين بذور خرابهم، وخرابنا

أيضا إذا استمروا في ذلك، ويمكنهم أن يخففوا من خطئهم بالتخلي عن تكتيكاتهم المبطئة ضد الطاقة النووية. والأهم أنهم سيساعدون بهذا في تحريك قارب النجاة، بدلا من أن يعطلوا المحرك، كما يفعلون الآن.

من العبث التفكير في أننا نستطيع أن نبدل استجابة الأرض لمصلحتنا باستخدام طاقة الرياح أو الطاقة الفولطائية الشمسية بحالتهما الراهنة من التطور. إن مزرعة ريحية مؤلفة من عشرين توربين بقدرة 1 ميغا واط لكل توربين تتطلب أكثر من عشرة آلاف طن من الإسمنت المسلح. وستكون هناك حاجة إلى مائتين من هذه المزارع الريحية تغطي مساحة ألف ميل مربع لتكافئ الإمداد الثابت من الطاقة لمحطة وحيدة تعمل بالفحم الحجري أو بالطاقة النووية. والأكثر عبثا من ذلك يجب بناء محطة طاقة نووية أو فحم حجري بحجم كامل لكل واحدة من هذه المزارع الريحية الهائلة لدعم التوربينات الريحية لـ 75 في المائة من الوقت عندما تكون سرعة الرياح أعلى أو أقل من اللازم. وكأن هذا كله لا يكفي لتخفيف الحماس الزائد لطاقة الرياح، فبناء مزرعة ريحية بقدرة 1 غيغا واط سيستهلك مليوني طن من الإسمنت، وهي كمية كافية لبناء بلدة لـ 100 ألف مواطن يعيشون في 30 ألف منزل؛ وسيؤدي تصنيع مثل هذه الكمية من الإسمنت المسلح واستخدامها إلى إصدار نحو مليون طن من ثاني أكسيد الكربون في الهواء. ولكي نبقى أمة متحضرة فإن مدننا في حاجة إلى مدد ثابت وآمن ووفير من الكهرباء والتي يمكن للفحم الحجري أو الغاز أو الطاقة النووية فقط أن تؤمنه، ويمكن للطاقة النووية فقط أن تزودنا بمدد ثابت من الوقود. لقد رأينا مسبقا كيف أن إمدادات الغاز معرضة للخطر بسبب صلاحية أنابيب الغاز التي تمتد ربما لألف ميل، وبسبب سياسات الحكومات العدائية. وستكتشف قريبا تكلفة مخططات الطاقة البديلة عندما ترتفع الضرائب وفواتير الكهرباء لتدفع ثمن الطاقة المتجددة التي لم تطلبها. وستقدم أموالك ربحا سهلا يؤخذ من الضريبة أو من الدعم. لقد فرضت هذه الفواتير علينا كي يبدو السياسيون صالحين وأصدقاء للبيئة، ولتصبح بعض الدول والصناعات أغنى. إنها لا تفعل شيئا للأرض.

كانت الاستجابة الأكثر تكرارا من أصدقائي البيئيين على الرسالة المتشائمة في كتابي السابق هي: «لا يمكنك أن تقول أشياء كهذه. فهي لا تقدم لنا شيئا لنتفاءل به». كان هذا نقدا جيدا، ساعد على تصفية ذهني، وجعلني أدرك لماذا يقال إن فترة حياة الأنبياء قصيرة. لقد أدركت أنني قلت الكثير جدا عن الكارثة القادمة ولكنني لم أقل إلا القليل جدا عن كيف أنه في إمكاننا أن نحاول التأكد من استمرار بقائنا على سطح الأرض، ونقدم لأحفادنا فرصة البقاء في العالم الحار الذي قد يأتي سريعا. إننا نشكل النخبة الذكية بين أنواع الحيوانات الحية على الأرض، ومهما كانت أخطاؤنا فإن غايا في حاجة إلينا.

قد يبدو هذا تصريحا غريبا بعد كل الذي قلته عن الطريقة التي أصبح بها بشر القرن العشرين كائنات كوكبية ممرضة تقريبا. لكن الأمر استغرق من غايا 3.5 مليار عام لتطوير حيوان يمكنه أن يفكر وينقل أفكاره للآخرين. وإذا ما فنينا فلن يكون لديها سوى فرصة ضئيلة لتطوير حيوان آخر مثلنا. وسأقوم بالتوسع في هذا المنحى من التفكير لاحقا في الكتاب.

عندما حذّرت أن تشاؤمي سيحبط أولئك الذين سيحسّنون بصمتهم الكربونية أو يقومون بزراعة الأشجار، فإنني أرى أن مثل تلك الجهود على الأقل هراء عاطفي، أو على الأسوأ نفاق. هناك الآن وكالات تسمح للمسافرين في الطائرات بزرع الأشجار للتعويض عن ثاني أكسيد الكربون الزائد الذي تضيفه طائراتهم إلى الهواء المتخم به. ويشبه هذا صكوك الغفران التي باعتها الكنيسة الكاثوليكية للمذنبين الأغنياء ليعوضوا عن الوقت الذي كانوا سيقضونه يوم القيامة في التكفير عن ذنوبهم. قمت منذ نحو ثلاثين سنة سابقة بحماقة بزراعة عشرين ألف شجرة، آملا أن أعيد المزرعة التي اشتريتها إلى الطبيعة. إنني أدرك الآن خطأ ذلك. كان عليّ أن أترك الأرض من دون تغيير وأن أدع النظام البيئي الطبيعي، الغابة الطبيعية تمتلئ بأنواع متنوعة وغنية من الحياة، وفق الزمن الذي تحتاج إليه غايا. وعلى النقيض من مزرعة مجردة، فإن غابة كهذه يمكنها أن تتطور، أو تموت إذا كان ذلك محتما، مع تغير المناخ. إن زرع شجرة لا يخلق نظاما بيئيا كاملا مثلما أن وضع كبد في جرة تغذى بالدم والمغذيات لا يصنع إنسانا.

آمل أن يكون كتاب تيم فلانيري الرائع «**صانعو الطقس**» وكتابي الأخير «**انتقام غايا**» قد حققا بعضا من غايتهما. لقد قصد من كليهما أن يكونا صيحات استيقاظ مثل صرخة صاحب الحانة التي كانت تتردد قديما «الطلب الأخير. حان الوقت يا سادة، رجاء»، وهو تحذير بأن أبواب الحانة ستغلق قريبا، وأنه سيرمى بنا إلى العراء خارجا. آمل أن يعي عدد كاف منا الآن أن العالم المريح والمترف الذي عرفناه فيما مضى قد ولى إلى الأبد. ولكنني أخشى أننا لانزال نحلم، وبدلا من أن نستيقظ، ننسج صوت ساعة الإنذار في أحلامنا.

ربما لا ندرك سرعة تغير الأرض لأننا نتأقلم معها سريعا. وإذا كانت درجة الحرارة المتوسطة في شهر يناير في الولايات المتحدة هي 45°ف، فإننا نشعر بالبرودة معظم الوقت، ويلتف المواطنون بأثوابهم في الصباح المتجلد أو عندما تهب الريح الشمالية الشرقية. إنهم يتمتمون: أين هو الاحترار العالمي الآن؟ وفي الصيف يكون متوسط درجة الحرارة 68°ف، في يوليو، ويستمتعون بأسبوع درجة حرارته العظمى 86°ف، ولكنهم يتذمرون إذا هبطت إلى 59°ف، للمدة نفسها. ومع ذلك فمنذ عشرين سنة مضت كان ينظر إلى درجات الحرارة هذه على أنها مرتفعة بشكل غير معقول. كان هطول المطر في المقاطعات الشرقية في المملكة المتحدة منخفضا دوما وفي حدود عشرين إنشا في العام، ولكنها كانت دوما خضراء يانعة لأنها ظلت باردة خلال فصل الصيف. وفي المقابل فأريزونا، التي لديها هطول مماثل، هي تقريبا صحراء جرداء بالكامل، لأنها ببساطة أحر بكثير، ولأن المطر الذي يهطل يجف أو يجري في قنوات قبل أن تستفيد منه النباتات. لقد أصبحت مقاطعة «كنت» في أقصى الجنوب الشرقي منذ فترة فقيرة بالماء، وأصبح جنوبي أوروبا الآن صحراء تقريبا. إن تأقلم حيوانات منفردة ليس صعبا جدا، وعندما تنتقل قبيلة من منطقة معتدلة إلى منطقة استوائية فستمر عدة أجيال قبل أن يغمق لون الأفراد مع قيام الانتقاء بالتخلص من ذوي البشرة الفاتحة. وهذا هو الأمر بالنسبة إلينا جميعا، لقد تغير عالمنا إلى الأبد، وعلينا أن نتأقلم معه، ولأكثر من تغير المناخ. وحتى في أثناء حياتي، فقد تقلّص العالم من

عالم واسع جدا ليكون الاستكشاف مغامرة، واحتوى على أماكن بعيدة عدة لـم يطأها أحد مـن قبل. لقد أصبح العالم الآن مدينـة لامتناهية تقريبا مدفونة ضمـن مناطق زراعية كثيفة لكنها مدجّنة وقابلة للتنبؤ. وقد تعود قريبا لتصبح مرة أخرى برية واسـعة. ولكي نبقى في هذا العالم الجديد نحتاج إلى فلسفة «**غايائية**»، ونهيئ أنفسنا لمقاتلة محارب همجي يحاول أن يقبض علينا وعلى عالمنا.

وفضـلا عن حدوث العواصف، والفيضانـات المدمرة، وموجات الحر الشـديد، أو الجليد غير المتوقع أحيانا، فإن المناخ سـيتغير ببطء، وبشكل غيـر ملحوظ في البداية. وسينسـى الناس الذيـن يقطنون في المدن كما فـي أوروبا وأمريكا ذلك، حتى في أيام الرخاء منذ فترة ليسـت بالبعيدة، لـم تكن هناك حاجة ماسّـة إلى تكييف الهواء فـي الصيف. وعلى المدى القصير، فمن المحتمل ألا يحدث الكثير بالنسـبة إلى المناخ مما يستدعي تأجيج ثورة. إن ما قد يؤدي إلى ذلك هو النتائج الوخيمة لارتفاع مسـتوى سطح البحر، الذي قد يؤدي إلى تخريب مدينة رئيسة أو انقطاع إمدادات الغذاء أو الكهرباء. وسـتزداد هذه المخاطر سـوءا نتيجـة التدفق المتزايد باسـتمرار من لاجئي المناخ. إن الأخطار الأهم ليسـت من تغير المناخ بحد ذاته، ولكنها تنتج بشـكل غير مباشـر من المجاعة، والصراع على الأرض والموارد، والحروب.

تشـبه محنة البريطانيـين العـام 1940 إلى حد ما حالـة العالم المتحضـر الآن. ففـي ذلك الوقت قضينا نحو عقد مـن الزمان تقريبا في الاعتقاد الطيب ولكن الخاطئ بأن السـلام هو كل ما يهمنا. ويشبه مؤيدو مجموعات السـلام في الثلاثينيات حـركات البيئة اليوم. كانت نواياهم أكثـر من جيدة، ولكنها كانت غير ملائمـة تماما للحرب التي كانت على وشـك الحدوث. إن الخطأ الأساس بالنسبة إلى مجموعات البيئـة الآن يظهر في الاسـم «**السلام الأخضر**»، وبدمجهم إنسـانية حركات السلام مع الإيمان بالبيئة فإنهم عن غير قصد يؤنسنون **غايا**. لقد حان الوقت للانتباه وإدراك أن **غايا** ليست أمّا حنونا تربي البشر، ويمكن اسـترضاؤها بإشارات مثل تجارة الكربون أو التنمية المستدامة.

إن **غايا** على الرغم من أننا جزء منها، هي التي ستملي دوما شروط السلام. لقد استيقظنا نحن في بريطانيا العام 1940 لنجد أمامنا عبر القناة قوة أوروبية معادية تماما لنا على وشك أن تجتاحنا. لقد كنا وحدنا من دون حليف فاعل، ولكننا كنا محظوظين بوجود قائد جديد، هو **ونستون تشرشل**، الذي أيقظت كلماته المؤثرة الأمة بكاملها من غفلتها: «**ليس لدي ما أقدمه لكم سوى الدم، والتعب، والعرق، والدموع**». إننا جميعا في حاجة إلى تشرشلات جديدة لتقودنا من التفكير الملتصق والمترهل والاتفاقي الذي سيطر علينا في نهاية القرن العشرين، ولتربط دولنا بجهد دؤوب مخلص لشن حرب صعبة. إننا في حاجة إلى زعيم يحمّسنا جميعا ولكن على وجه الخصوص يحرك أولئك البيئيين الشباب الذين احتجوا بشجاعة فائقة على أشكل تدنيس حرمة الطبيعة والحياة البرية كلها. أين هي فرق «الأرض أولا» الآن؟

كان أكثر ما أثّر فيّ أثناء تأليف هذا الكتاب هو فكرة أننا نحن البشر جزء رئيس من **غايا**، ليس من خلال ما نحن عليه الآن، ولكن من خلال إمكاننا كصنف أن نكون أجدادا لحيوان أفضل منا بكثير. وسواء أحببت ذلك أو لا، فنحن الآن قلبها وعقلها، ولكن كي نستمر في التطور لممارسة هذا الدور، علينا أن نضمن بقاءنا كأصناف متحضرة، وألا نرتد إلى تجمعات من قبائل متحاربة كانت تشكل مرحلة من تاريخ تطورنا. إنني متأثر بفكرة أن نظام الأرض **غايا**، قد وجد لأكثر من ربع عمر الكون، وأنه استغرق ذلك الزمن الطويل لتطوير صنف من الحياة يمكنه أن يفكر، ويتواصل، ويخزّن أفكاره وتجاربه. وكجزء من **غايا**، فقد بدأ وجودنا يجعل العالم عاقلا. وسنكون فخورين لنكون جزءا من هذه الخطوة المهمة، الخطوة التي قد تساعد **غايا** على البقاء مع استمرار الشمس في زيادة إنتاجها البطيء، لكن غير الممكن إيقافه من الحرارة، جاعلة النظام الشمسي بيئة معادية باستمرار. علينا أن نفعل كل ما في وسعنا، والفصل الخامس هو عن الأفكار التي تدور الآن بين العلماء والمهندسين والتي يمكن لها أن تعكس التغير المناخي. وهي حتى الآن غير مجربة، وغير مؤكدة، وربما كانت خطرة إلى حد ما، مثل الدواء والجراحة في القرن التاسع

عشر. وإذا استطعنا الحفاظ على الحضارة حيّة خلال هذا القرن، فلربما تتـــاح لنا الفرصة كي يخدم أحفادنا يوما ما **غايا** ويســـاعدوها في تنظيم المناخ الذاتي الدقيق، وفي تركيب كوكبنا.

لقد اســـتمتعنا باثني عشر ألف عام من الســـلام المناخي منذ الانزياح الأخير من العصر الجليدي إلى عصر ما بين الجليديتين. وقد نواجه، قبل مضـــي زمن طويل، تخريبا كوكبيا أســـوأ بكثير من حرب نووية لا محدودة بين القـــوى العظمى. ويمكن لهذه الحرب المناخية أن تقتلنا جميعا تقريبا، وتتـــرك بعض الناجين يعيشـــون حيـــاة العصر الحجري. ولكـــن لدينا في مناطق عديدة من العالم، بما في ذلك المملكة المتحدة، فرصة للبقاء، وربما للعيش بشكل جيد. وليكون ذلك ممكنا علينا أن نجعل قوارب نجاتنا قادرة على الإبحار الآن. وحتى لو أمهلتنا بعض الحوادث الطبيعية مثل سلســـلة من البراكين الضخمة أو تناقص الإشـــعاع الشمســـي، فمازال من الأفضل أن نصـــرف نقودنا وجهودنا لجعل بلداننا مكتفية في الغذاء والطاقة، وإذا أردنا أن نصبح كلنا من سكان المدن أن نجعلها مدنا نفخر بالعيش فيها.



2

التنبؤ بالمناخ

«إذا كنا نفشــل الآن في التنبؤ بما حدث مسبقا، فكيف يمكن لنا أن نثــق بالتنبؤات لأربعين أو تسعين سنة من الآن؟»

المؤلف

صرحت ببعــض العبارات القوية حول المناخ في المســتقبل وعواقبه بالنسبة إلينا جميعا في الفصل الســابق. وربما تسأل: ما السـلطة التي تخولنــي أن أفعل ذلك؟ لماذا عليك أن تقــرأ - بل وتصدق - عالما واحــدا، في الوقت الــذي يعبّر فيه اتحاد معظــم علـماء المنــاخ فــي العالم وهـو الـــIPCC عن اتفــاق أكثر اعتــدالا حول التغير المناخي؟ إن مؤهلاتي مســجّلة في ســيرتي الذاتية، «**الـولاء لغايـا**»، ولكن ما يجعــل تنبئي بالمناخ في المســتقبل مختلفا ليس مجرد خلاف بين العلماء، على الرغم من أن هذا طبيعي وصحي بما يكفي، فما يدفعني إلــى التصريح بقوة والتحدث عن الكارثة هو أنني عالم يتأثر بالبراهين التي

تأتي من الأرض، والتي ينظر إليها من خلال نظرية غايا. إنني أعمل بشكل مستقل، فلست مسؤولا أمام وكالة بشرية - دين، أو حزب سياسي، أو وكالة حكومية أو تجارية. إن هذا الاستقلال يسمح لي بأن أعتبر سلامة الأرض دون التقيد بأن يأتي رخاء البشرية أولا. وبهذه الطريقة أرى أن سلامة الأرض تأتي أولا، لأننا نعتمد كلية على كوكب سليم من أجل بقائنا.

إن ما أوحى لي بأن أؤلف هذا الكتاب هو أنني سمعت في خريف العام 2007 أن الـ IPCC توصلت إلى اتفاق حول المناخ في المستقبل. إنني أعرف علماء الـIPCC، وأجلهم، والعديد منهم من أصدقائي الشخصيين، ولكنني صدمت لسماع أنهم توصلوا إلى اتفاق حول قضية علمية. إنني أعلم أنه لا يوجد مكان لمثل هذه الكلمة في قاموس العلم، إنها كلمة جيدة ونافعة، ولكنها تنتمي إلى عالم السياسة، وغرف المحاكم، حيث يشكّل التوصل إلى اتفاق طريقة ناجعة لحل الخلافات بين الناس. إن العلماء معنيّون بالاحتمالات وليس بالتأكيدات أو بالاتفاق الجماعي. (يشكّل كتاب لويس ولبرت «**الطبيعة غير الطبيعية للعلم**» مدخلا رائعا لهذه الطرق المختلفة من التفكير). يمكن للـIPCC أن تكون أفضل اتصال فعّال لدينا بين علم المناخ وقضايا البشر وسياساتهم: لقد كان سيئا بما يكفي رؤية مجموعة نماذج تنبئية احتمالية صادقة تعرض بشكل وفاقي، ولكني عندما رأيت أيضا كيف اختلفت الملاحظات المناخية في عالم الواقع عن التنبؤات من النماذج المناخية التي صنعتها الـ IPCC منذ سنوات قليلة، علمت أن الواجب يملي علي أن أتكلم.

وأكثر من ذلك يبدو لي أن هناك فهما ضئيلا للمخاطر الكبيرة التي نواجهها. لقد بدا أن متلقي تنبؤات المناخ كلها، من وسائل الإعلام، وأجهزة الدولة، وأسواق المال وشركات التأمين - وهي عادة متقلبة كمراهقين خجولين - لم تتأثر بالتغير المناخي، واستمرت في عملها كالمعتاد حتى انهار الاقتصاد العالمي تقريبا. وفي الحقيقة فقد كان الدافع المتزايد للظهور بمظهر المدافع عن البيئة هو التغير الوحيد الملحوظ على الحياة العامة، والذي أصبح أكثر توترا بسبب الظروف الصعبة التي فرضها ركود الاقتصاد الأولي.

أتمنى لو كانت لدي ثقة أكبر بقدرتنا على التنبؤ بمناخ العام 2050. أتذكر جيدا التنبؤات حول المناخ الحالي التي قدمت في الستينيات. لم تلمح أي منها حتى إلى التغيرات المناخية التي جرت فعلا، وفي الحقيقة فقد تنبأ معظمها بأن العصر الجليدي أكثر احتمالا من الاحترار العالمي. لقد شاركت التخمينات الأفضل حول الحياة في القرن الحادي والعشرين رؤية الملهم العظيم هيرمان كاهن الذي تنبأ بعالم رحيم يمتلك تقانة عالية، حيث يعيش كل إنسان فيه بمستوى سكان سكارسديل، وهي الضاحية التي عاش فيها بالقرب من نيويورك، وإذا نظرت إلى الطبقة الوسطى المزدهرة في الصين والهند الآن، فإنه لم يكن مخطئا كثيرا. لقد كان كاهن جيدا في التنبؤ بالطريقة التي يتطور فيها عالم البشر، ولكنه كان جاهلا تماما بالأرض وبعواقب النمو السكاني، والزراعي والصناعي كثيف الطاقة. وبثقة كاهن نفسها يتحدث سياسيونا اليوم باقتناعات عن عالم العام 2050 يلائم معيشة 8 مليارات شخص على أرض أحرّ بـ 4 درجات مئوية، حيث تستقر درجة الحرارة وتنظّم الانبعاثات. إنني أتساءل عما إذا كانت لجنة حكومية للتغير الاقتصادي ستكون متفائلة بالقدر نفسه حول العالم العام 2050؟ إننا نستنكر المتلاعبين الأذكياء الذين «يهرفون ويقبضون» لبيع بنك، لكنهم يمدحون الحكومات التي تقدم الدعم للمعالجات السحرية لعلل المناخ، وأموالا سهلة للشركات التي تبيعها. ويبدو أننا مازلنا نفكر في أننا سنستمتع بحلول منتصف القرن بعالم مريح يديره البشر بشكل جيد. لم ندرك تماما في ستينيات القرن الماضي أننا نقطن كوكبا حيا تتعارض متطلباته مع متطلباتنا. ومن السهل جدا التنبؤ بالمستقبل عندما نتصور جميعنا أن الحياة ستكون شبيهة جدا بالحياة الآن، ولكنها ستختلف ببعض التفاصيل غير المهمة أو غير السارة الملتصقة بها. وهذا هو سبب نجاح كاهن الكبير. لقد كانت رسالته الواضحة هي التالي: استمروا في العمل كالمعتاد وسيكون كل شيء على ما يرام - وهذا تماما ما كنا نود سماعه. ولا أرى أي فارق مهم بين توصياته وتوصيات سياسيينا ومساعديهم الآن. إنهم يغلّفون رهاناتهم بتعاويذ خضراء، ويهدفون إلى تنمية مستدامة، ولكن هل يستطيع هذا أن يفعل أكثر من الصلوات التي يقدمونها في البرلمان؟

لست معارضا؛ وبدلا من ذلك فإنني أحترم كثيرا علماء الـ IPCC، وكنت أفضل قبول استنتاجاتهم حول التغير المناخي على أنها حقيقة. إنني لا أستمتع بالجدال من أجل الجدال فقط، ولكن لا يمكنني أن أهمل الاختلافات الكبيرة الموجودة بين تنبؤاتهم وما تمت ملاحظته.

إننا نعلم في القضايا الإنسانية أن «من يتردد يخسر»؛ ويتحدث علماء الاجتماع عن ظاهرة «التناقض الإدراكي»، التي عرفها واضع المصطلح، ليون فيستنغر، بالشعور بعدم الارتياح الذي نحس به عندما نحمل فكرتين متناقضتين في الوقت نفسه، وبالدافع لخفض هذا التناقض عن طريق تغيير إحدى الفكرتين أو رفضها. وهي تعمل عندما نختار بين أمرين متعادلين تقريبا ونضفي على خيارنا، بعد اختياره، ميزة فائقة على الخيار الآخر البديل، كي نستطيع رفضه بكل سرور. ويجب أن تكون عملية اتخاذ القرار جزءا من موروثنا الجيني؛ فنحن في حاجة إلى حالة التأكد تلك في التبادلات البشرية. علينا أن نختار ثم أن نؤمن بخيارنا، وينطبق هذا على الوظائف التي نتقلّدها، وكيف نصوّت في الانتخابات، ومعاملات الشراء التي نجريها، وحالات الزواج التي نلتزم بها. وينطبق أيضا على القاضي أو هيئة المحلفين، ولكنها أسوأ حتى من أن تكون بلا فائدة في العلم. لكن العلماء بشر، ولا نستطيع أبدا أن نتخلص تماما من تأثير التناقض الإدراكي.

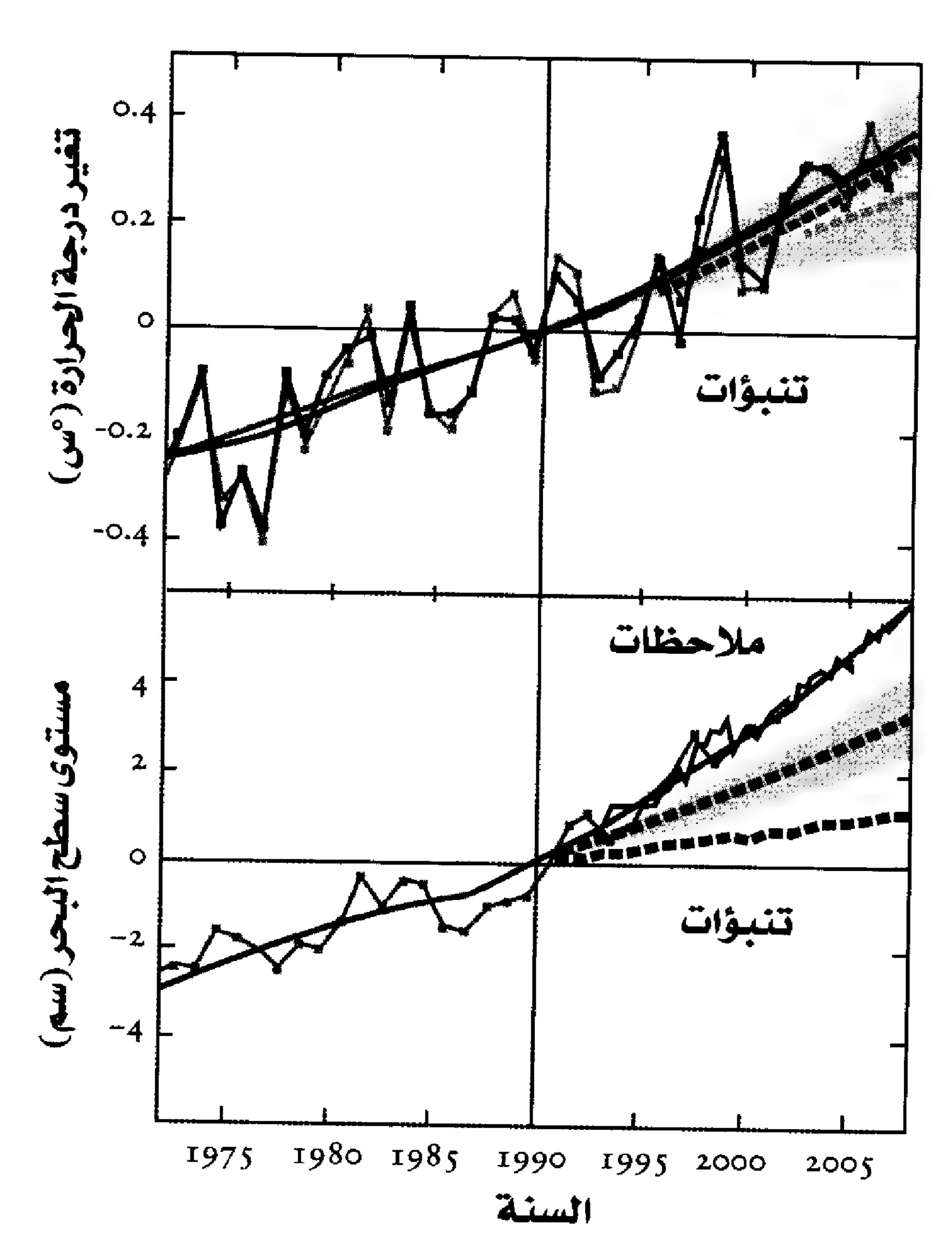
إن مجال التنبؤات لنماذج الـ IPCC المختلفة واسع جدا بحيث إنه من الصعب الاعتقاد أنها موثوقة بما يكفي لتستخدمها الحكومات في تخطيط سياساتها للتخفيف من التغير المناخي. إنها محاولة شجاعة لمهمة علمية صعبة جدا، وربما نتوقع الكثير جدا منها: وسيكون من الخطأ أن نتوقع أن تكون وجهة نظر اللجنة الحكومية لتغير المناخ IPCC مقبولة حقا. إن السبب الرئيس للشك هو حقيقة أن التنبؤات لا تتفق مع الأدلة الجيدة من الأرض التي حصل عليها علماء وظيفتهم القياس والملاحظة. وتظهر هذه الأدلة فشل الـ IPCC في التنبؤ بمسار المناخ بشكل صحيح حتى العام 2007، وسأقوم بعرض ذلك بالتفصيل بعد قليل. والأكثر من ذلك فإن تاريخ مناخ الأرض على المدى البعيد يظهر وجود عدد من حالات

المناخ المستقرة ولكن المختلفة، والتي لا تتنبأ نماذج المناخ الحالية بوجودها. إنني أثق بملاحظات العلماء الذين يجرون القياسات على المناخ، وأيضا بالملاحظات غير الشخصية الشاملة للأقمار الصناعية التي تراقب الأرض من دون كلل من الفضاء، وبمراقبة المحيط الآلية التي تسجل حالة المياه باستمرار. ولكن لدي ثقة أقل كثيرا بالنماذج التي تتنبأ بمستقبل المناخ. علينا ألا نتوقع أن تكون النماذج المناخية موثوقة - فقد تطورت أخيرا من الحاجات الملحّة للتنبؤ بالطقس على المدى القصير، وهي محددة بنظرية مناخية مؤسّسة بالكامل تقريبا على فيزياء الغلاف الجوي، وحتى هذا العلم هو أبعد من أن يكون تاما. إن العلم يعمل جيدا ضمن حدوده، لكن الفهم الكامل للمناخ يشمل شيئا أوسع من فيزياء الغلاف الجوي فقط. ويبذل العلماء الفطنون في عدد من مراكز المناخ الرئيسة جهودا جدية لبناء نماذج مناخية أكثر شمولا، ولكنه بالتأكيد من عدم الحكمة للحكومات أن تؤسس سياسات لأبعد من 40 سنة في المستقبل على تنبؤات أجريت منذ عدة سنوات من نماذج اعترف بأنها غير كاملة.

ما الدليل للاعتقاد أن الـ IPCC قد تكون قللت من خطورة التغير المناخي؟ في العام 2007 نشرت ورقة بصفحة واحدة في مجلة العلوم من قبل مجموعة من المؤلفين وكلهم من علماء المناخ المرموقين (راهمشتروف وزملائه). ويوضح الشكل «2-1» المأخوذ من هذه النشرة نتائجهم.

تشير الرقعة الرمادية في اللوحة في الأسفل إلى تنبؤات الـ IPCC بارتفاع مستوى سطح البحر حتى العام 2007، وتمثل مجموعة النقاط المتصلة والخط المتصل في الأعلى القياسات المتوسطة والفردية لمستوى سطح البحر من العام 1970 وحتى العام 2007. لقد ارتفع مستوى سطح البحر المقيس 1.6 مرة أسرع من المتنبأ به. وتوجد فروق مماثلة لكنها أقل بتنبؤات درجة الحرارة المبينة في اللوحة الأعلى. وتمثل المنطقة المظللة مرة أخرى مجال تنبؤات الـ IPCC والخط المتجول الذي يصل بين الـ X متوسط درجة حرارة الأرض الملاحظة. هذا التباين ليس كبيرا كما هو في مستوى سطح البحر، ولكنه يبقى خطيرا إذا أخذنا بعين الاعتبار أننا نقارن التوقعات مع ما حدث فعلا.

وبالنسبة إلي فإن أكثر المقادير أهمية ليس متوسط درجة حرارة الأرض، ولكنه كمية الحرارة الزائدة التي امتصتها من الشمس. إن متوسط درجة حرارة الأرض هو مثل موازنة الحساب الجاري الذي لا بد أن يختلف من يوم لآخر، وكمية الحرارة الكلية الممتصة مؤشر على الاحتياطات.



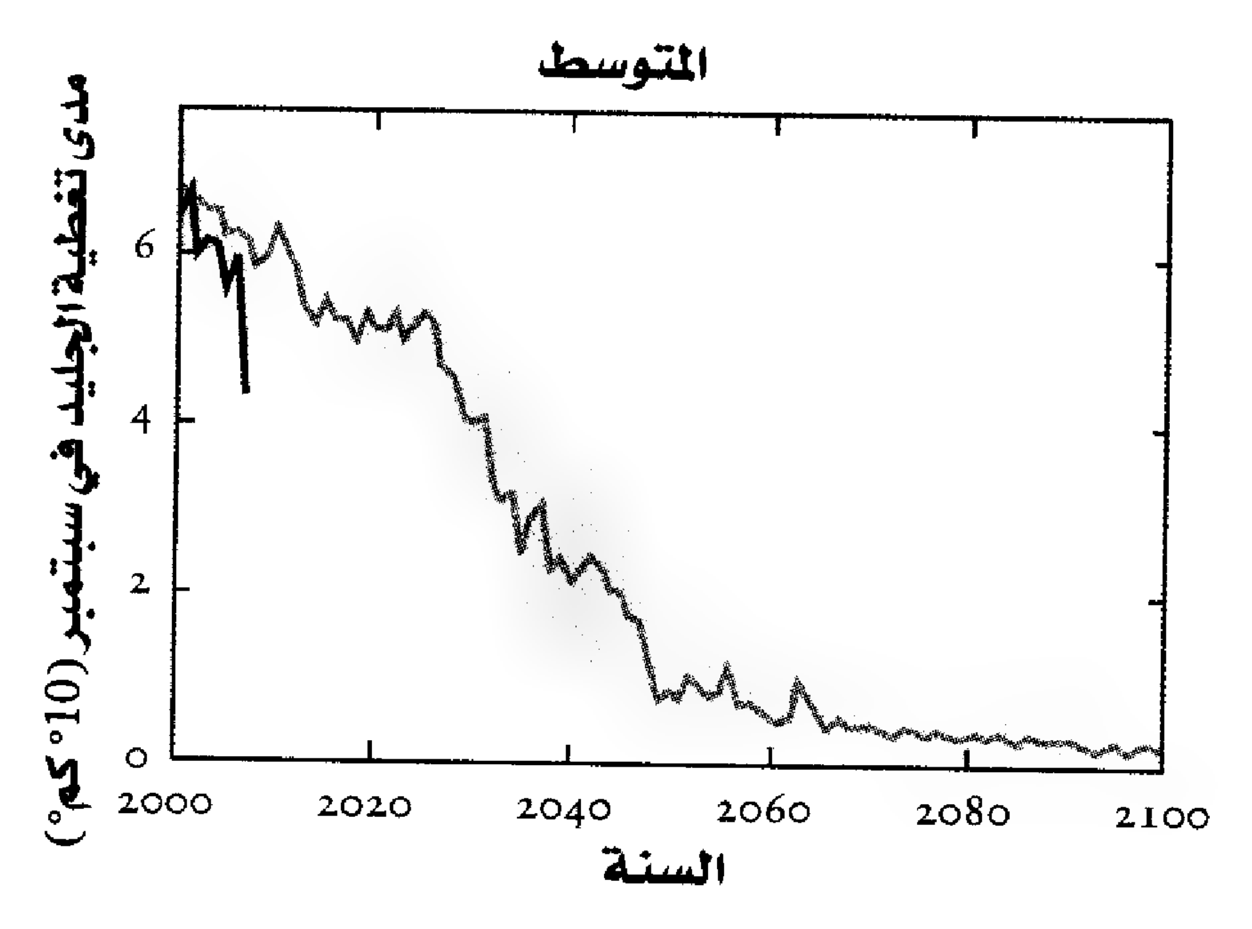
الشكل «2-1» اللوحة العليا: مقارنة بين متوسط درجة الحرارة العالمية الملاحظة (نقاط متصلة) مع تنبؤات النموذج (المنطقة الرمادية والخطوط المنقطة). اللوحة السفلى: مقارنة منسوب مستوى سطح البحر الملاحظ (نقاط متصلة) وتنبؤات النموذج (منطقة رمادية وخطوط منقطة). تغطّي اللوحتان السنوات من 1970 إلى 2007.

إن ارتفاع سطح البحر هو أفضل قياس متاح للحرارة الممتصة من الأرض لأنه يأتي من مصدرين رئيسيين فقط. ذوبان الجليد على اليابسة، وتوسع حجم المحيطات مع ارتفاع درجة الحرارة - وبكلمات أخرى، فإن مستوى سطح البحر مقياس يشير إلى الاحترار العالمي الحقيقي. انظر إلى الشكل «1-2» مرة أخرى، ولاحظ كيف يرتفع مستوى سطح البحر باستمرار، بينما يتأرجح متوسط درجة حرارة الأرض سنة بعد أخرى. لقد أخبرني شنايدر بأن قياسا مماثلا، ولكنه أكثر إيحاء محليا لكمية الحرارة الكلية الممتصة هو ارتفاع الغلاف الجوي. فمثل البحر يتمدد الهواء مع ارتفاع درجة حرارته.

ويأتي الدليل المناقض التالي من ملاحظات مساحة المحيط المتجمد الشمالي المغطاة في الصيف بالجليد الطافي. في العام 1980 والسنوات السابقة أظهرت المساحة المغطاة في نهاية سبتمبر (عندما يكون غطاء الجليد أقل ما يمكن بعد صيف من الذوبان) 10ملايين كم^2 من الجليد، وهي مساحة بحجم مساحة الولايات المتحدة تقريبا. وفي العام 2007 انحسرت إلى 4 ملايين كم^2. يقارن الشكل «2-2» مجال تنبؤات الـIPCC بالتناقص الملاحظ بالنسبة إلى الجليد الطافي. إن الفارق هائل ويقترح أنه إذا استمر الذوبان بهذا المعدل فإن القطب المتجمد الشمالي سيكون بلا جليد تقريبا في الصيف خلال خمس عشرة سنة. ويقترح تنبؤ الـ IPCC أن هذا غير محتمل قبل العام 2050.

لن يرفع ذوبان الجليد الطافي مستوى سطح البحر بشكل كبير، كما كان أرخميدس سيقول لو أنه سئل عن ذلك، ولكنه سيؤثر في كمية الحرارة التي تتلقاها الأرض من الشمس. إن الجليد الأبيض المغطى بالثلوج يعكس 80 في المائة من أشعة الشمس إلى الفضاء، بينما يعكس ماء البحر المعتم 20 في المائة فقط من أشعة الشمس التي تسقط عليه. وستكون الحرارة الزائدة للحوض القطبي إذا ذاب الجليد الطافي بكامله 80 واط لكل متر مربع، والذي إذا أخذ متوسطه لكامل الأرض يعني زيادة 1 واط لكل متر مربع، إن هذه زيادة خطيرة حقا في الحمل الحراري للأرض. ولوضعها في موضعها الصحيح فإن الحرارة الزائدة التي ستمتص عندما يذوب الجليد ستبلغ نحو 70 في المائة تقريبا من الحرارة التي يسببها التلوث من كل ثاني أكسيد الكربون الموجود الآن.

ويأتي الجزء الثالث من الدليل من مقال لجفري بولوفينا في «رسائل البحث الجيوفيزيائي»، نشرت العام 2008. لقد أعلن مع زملائه عن ملاحظات أخذت من القمر الصناعي لمناطق المحيطات على الأرض من الفضاء، والتي أظهرت انحسارا متتاليا في كميات الطحالب. ويعلق المؤلفون على ذلك بأن المنطقة القاحلة من المحيطات ازدادت بمعدل 15 في المائة خلال السنوات التسع السابقة، وأن هذا كان نتيجة الاحترار العالمي الذي جعل المياه السطحية أدفأ وأقل اختلاطا بالمياه الأغنى بالمغذيات في الأسفل. ويعمل النمو الطحلبي على تبريد الأرض بآليات عدة، بما في ذلك إزاحة ثنائي أكسيد الكربون من الهواء، ولذا فإن التدفئة تعطي تغذية راجعة إيجابية أخرى بالنسبة إلى الاحترار العالمي. وفي ورقة علمية نشرت في مجلة نيتشر (Nature) العام 1994 صنع العالم الأمريكي لي كامب وأنا نموذجا جيوفيزيائيا لهذه الظاهرة، وحذرنا من تغذيتها الإيجابية المحتملة على الاحترار العالمي. وعلى ما أعلم فإن هذه الظاهرة ليست متضمنة إلى الآن في نماذج علماء المناخ. ولكنها الآن حقيقة ملاحظة مؤكدة ونبوءة أخرى لنظرية غايا اجتازت الامتحان.



الشكل «2-2»: تنبؤات نموذج IPCC بمدى تغطية الجليد لمحيط القطب الشمالي في الصيف (منطقة رمادية بخط مستمر يمثل المتوسط في منتصفه) وغطاء الجليد الملاحظ (خط مستمر إلى يسار الشكل).

إذا كنا نفشـــل الآن في التنبؤ بما حدث مســبقا، فكيف يمكن لنا أن نثق بالتنبؤات لأربعين أو تسعين سنة من الآن؟ ومع ذلك يبدو أن العمل السياسي والمبـــادرات الحكومية لمحاربة التغير المناخي كلها تفترض أن الـIPCC تقدّم على الأقل تنبؤات بارعة وموثوقة.

وبالإضافـــة إلى الاختلافات بين النمذجة والملاحظة، تتنبأ نظرية غايا بمســـار مختلف لعواقب التغير المناخي الناجم عن التلوث بغاز ثاني أكسيد الكربون. لقد اعترف بهذه النظرية، ولكنها لم تستخدم عمليا حتى الآن من قبـــل علماء المناخ، وعادة لأنهم غير مهيئين لها حتى الآن، وبطريقة ما فهم كطـــلاب الرياضيات الذين يدركون فائدة التكامـــل، لكنهم لم يدرّبوا حتى الآن؛ على استخدامه. ونتيجة لذلك فحتى عندما يقرّ علماء المناخ بحيوية الأرض فإنهـــم لايزالون يتصرفون كأنها كوكـــب ميت كالمريخ والزهرة، لأن مثل هذه الكواكب أسهل للنمذجة بكثير.

إن العلماء المحترفين هم عادة أخصائيون مدربون في اختصاص معين أو فـــي مجموعة من الاختصاصات. ويقع علـــم المناخ بأكمله تقريبا ضمن مجال فيزياء الغـــلاف الجوي. ويبحر هؤلاء الفيزيائيـــون بنماذج مناخية ضخمة، تقبع ضمن حواسيب قوية كبيرة ومعقدة تشبه بطرق عدة السفن الحربية الحديدية في القرون الخالية. ولحســـن الحظ فإن ربابنة السفن هـــم علماء مناخ شـــجعان، وقد برهنوا عن أنفســـهم فـــي أحد الأطراف الحـــادة للعلم: توقعات الطقس. وقليل هـــم العلماء الآخرون الذين تعرّض أخطاؤهـــم لمثل هذا التدقيق والتشـــريح من الجمهـــور كتوقعات الطقس. وتعلمـــون جميعكـــم أن من الصعب جـــدا اختراق مجموعـــة البرامج التي تشـــغل حاسباتكم الشخصية أو النقالة. إذن تصور فقط ما يجب أن يبدو عليه نموذج مناخي للتدوير العام يحتاج إلى حاســـوب أقوى بألف مرة من الحاسوب على طاولتك.

من الســـهل أن تضيـــع في تعقيدات النماذج المناخيـــة الضخمة كما لو كنت في سفينة حربية. ولسوء حظي فقد ضعت مرة في قاع سفينة حربية ضخمـــة، وأذكر بانزعاج الممرات غيـــر المتناهية، والأبـــواب المانعة للماء، والسلالم الشـــاقولية التي كانت تصل بين المقصورات داخل السفينة. لقد

أصبحت هذه السفن متاهات ثلاثية الأبعاد معقدة جدا بحيث يشاع أن السكان الحائرين أقاموا ضمنها مناطق لأنفسهم لا يمر بها أحد. إن أسطول نماذج الـIPCC الذي يقوده الأدميرال باشوري يبحر في بحر غريب تماما. وكما هي الحال غالبا في الحروب، فإن سفنهم (وهي نماذج حرب المناخ) أصبحت قديمة، ولكنها ليست كاملة حتى الآن، ومازال بناؤها على متنها وبعضهم يتمتم «كان عليهم حقا أن يبنوا شيئا مختلفا تماما»، ولكن هناك القليل الذي يمكن لهم أو للأدميرال أن يفعلوه. إن الغلاف الجوي، الذي على فيزيائييهم أن ينمذجوه، ليس هدية بسيطة من تاريخ الأرض الجيولوجي، إنه بكامله عدا حوالي 1 في المائة من الغازات النبيلة أو النادرة نتاج الكائنات الحية على سطحه. والأسوأ بكثير فإن هذه الكائنات، ومن ضمنها البشر، قادرة على أن تغير مدخلاتها ومخرجاتها من الغازات من دون أن تخبر الأدميرال. ويمكن لحلفاء اليوم من كائنات التربة والمحيطات التي تساعد في تبريد المناخ أن تصبح أعداء الغد، وأن تضيف كمية أكبر من ثنائي أكسيد الكربون بدل أن تزيحه. وأكثر من ذلك فقد بقي الهواء، قبل أن نبدأ نحن البشر في تغييره، ثابتا ديناميكيا بتركيب ثابت، ودعم مناخا يقبل العيش ضمنه.

ظل علم الكواكب (Planetary Science) الأساسي، والذي هو بلا شك أساس علم المناخ المهني، في حالة من التغير والنزاع لنحو مائتي عام على الأقل. وأدرك العديد من الفلاسفة الطبيعيين في القرن التاسع عشر وحتى قبل ذلك، أن هناك علاقة بين الحياة والأرض المادية، ولكن حتى إيراسموس داروين، وت. هـ. هكسلي، وف. فيرنادسكي لم يمضوا أبعد من التخمين القصصي. ولم يحدث العلم الصحيح، والذي هو عملية بناء فرضيات قابلة للاختبار، في هذا الحقل حتى القرن العشرين، عندما قاد إدراك الصلة بين الحياة على سطح الأرض وفي المحيطات العلماء البارزين، ولكن غير المعترف بهم بما يكفي مثل ج. هـ. هتشنسون، وأ. س. ريدفيلد، ولارس سيللين للبحث في الكيمياء الحيوية لسطح الأرض والمحيطات. ومن الطبيعي جدا أن يدعوا علمهم بالكيمياء الحيوية الجيولوجية، وأن يؤسسوه كعلم مستقل، وهو الآن ذو مكانة بارزة في العلم الأوروبي. ومن

المهم أن نلحظ أن الكيمياء الحيوية الجيولوجية، شأنها شأن الكيمياء الحيوية في علم الطب ليست علم أنظمة. إنها ليست فيزيولوجيا الأرض، وسيكون القليل من علماء الكيمياء الحيوية الجيولوجية سعداء ليفكروا في الأرض على أنها حية بأي طريقة. وبالنسبة إلى أولئك غير المعتادين على مزايا التسمية العلمية، فإن العلم الأخير في اسم مركب من ذاك النوع هو القائد عادة، وبالتالي فإن الكيميائيين الحيويين والكيميائيين الحيويين الجيولوجيين هم كيميائيون بالتدريب، يعملون على مادة الحياة ومنتجاتها، كما تجرى الفيزياء الحيوية من قبل فيزيائيين يعملون على مواضيع حية.

تعود أصول علم الجيوفيزيولوجي، وهو قاعدة نظرية غايا، إلى فرضية غايا في الستينيات. ترى الجيوفيزيولوجيا أن الكائنات الحية للأرض تتطور بالانتقاء الطبيعي الدارويني في بيئة ناتجة عن أسلافها وليست ببساطة ناتجة عن التاريخ الجيولوجي للأرض. لذا فأكسجين الغلاف الجوي بأكمله تقريبا ناتج عن كائنات التمثيل اليخضوري، ومن دونه لما كانت هناك حيوانات ولا فقاريات، ولما حرق الوقود، وأضيف ثاني أكسيد الكربون إلى الهواء. إنني أجد من المدهش أن يستغرق علماء الأحياء هذا الوقت الطويل كله ليعترفوا ولكن بتردد أن الكائنات الحية تأقلمت ليس مع العالم الساكن الذي وصف بشكل ملائم ولكنه خاطئ من قبل زملائهم الجيولوجيين، بل مع العالم الديناميكي المتطور الذي بنته الكائنات الحية نفسها.

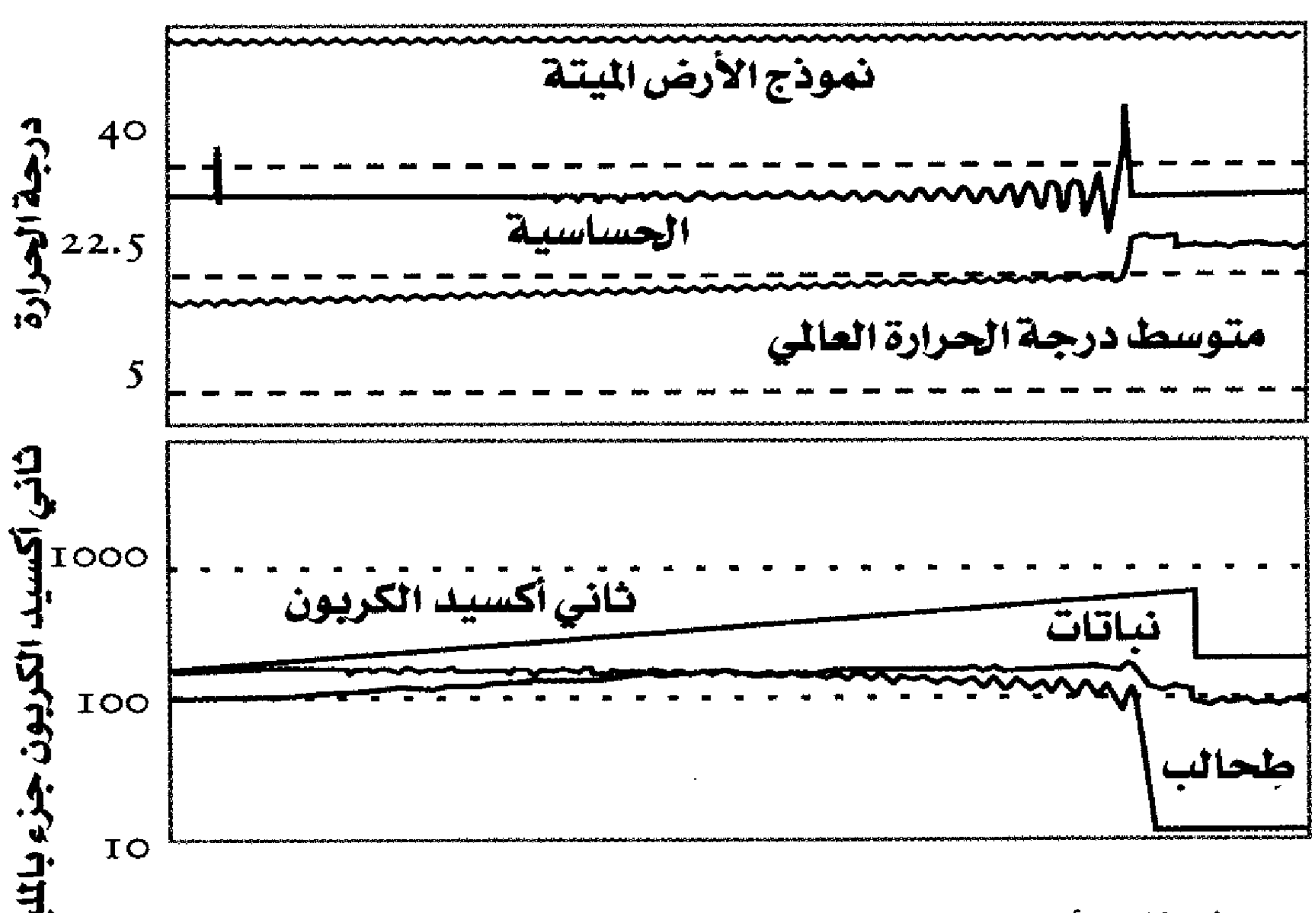
وبسبب هذا الفصل البشري جدا والملائم لمشكلة مناخ الأرض إلى حقول تخصصية منفصلة، فمن الصعب على أي عالم أن يراها كموضوع متكامل يشمل الأرض كلها بما فيها البشر، والكائنات الحية والمحيطات، والغلاف الجوي، والصخور على سطح الأرض. والأكثر من ذلك فإن الفصل يمنعهم من رؤية الأرض كنظام ديناميكي متفاعل، أو، كما أعبر عنه، كنظام حي بطريقة ما. ويفضل العلماء، كما ترى، أن يستمروا بالعمل الذي تدربوا على القيام به كأخصائيين - العمل كالمعتاد - بدلا من الرجوع والقيام بالمهمة شبه المستحيلة وهي تعلم فرعين رئيسين آخرين على الأقل من فروع العلم. ولن يكون الأمر سيئا جدا لو كان هناك عدد أكبر من العاملين يقومون بالتفسير بينهم.

دعا عالم المناخ البارز جيمس هانســـون، رئيس معهد غودارد لدراسات الفضاء، التابع لناسا، في نيويورك، لتخفيض إصدار ثاني أكسيد الكربون بمقدار أكبر بكثير من ذلك الـــذي اقترحه الاتحاد الأوروبي أخيرا. صرح هانســـون بأن الحد الأعلى من تركيز ثاني أكسيد الكربون وهو 550 جزءا بالمليـــون (ج. ب. م) المقتـــرح من أوروبا مرتفع جـــدا، وأنه يجب أن يكون 350 ج. ب. م إذا أرادت البشـــرية أن تحافـــظ علـــى كوكب مشـــابه لذلك الـــذي تطورت عليه الحضارة. لقد بنيت ملاحظاته القوية على ملاحظات حديثـــة، وعلى تاريـــخ مناخ الأرض، وعلى الرغم مـــن أنه لا يعبر عن ذلك صراحـــة، أعتقد أنه يدرك أن النمـــاذج المبنية على فيزياء الغلاف الجوي غير قادرة وحدها على التنبؤ بالمناخ في المستقبل.

يؤكد نموذج بســـيط (موضح في الشـــكل 2-3) مبني على نظرية غايا رأي هانسون ويقترح تطورا مختلفا جدا عن ذاك الذي اقترحته الـ IPCC.

يوضح الشـــكل تنبؤات تغير درجة الحرارة على نموذج بسيط لكوكب. يفترض النموذج كوكبا يدور حول الشـــمس ويبعد بالمســـافة نفســـها التي تفصل بين الشمس والأرض ومأهول بنظامين بيئيين رئيسين – طحالب في المحيطات ونباتات على ســـطح الأرض. يحدد تغير درجة الحرارة المرتبط بازدياد تركيز ثاني أكســـيد الكربون في النموذج بالعلاقات التي تربط بين نمو النباتات والطحالب بدرجة الحرارة وبالعلاقات التي تربط بين وجودها مع ثاني أكسيد الكربون والغيوم في الغلاف الجوي. إن الجيوفيزياء إضافة إلى علم الأحياء مهمان بالدرجة نفســـها في النموذج. وعلى الأخص تحدد فيزياء المحيطات بأن الماء الســـطحي الدافئ منفصل عن الماء الأبرد تحته ويطفو فوقه عند درجات حرارة أكبر من 54° ف، وبالتالي يحرم الطحالب من المغذيات اللازمة لنموها. وعلى سطح الأرض عند درجات حرارة أعلى من حوالـــي 75° ف، يتبخر ماء المطر بســـرعة كافية ليترك الأرض جافة بـــين العواصف المطرية. تحدد هاتان الخاصتـــان الفيزيائيتان للماء درجة الحرارة العليـــا لنمو النباتات والطحالب في بيئاتهـــا المحلية. إن النموذج مزيـــج من معادلات تفاضلية غيـــر خطية جدا، ولكـــن التغذيات الراجعة القوية الموجبة والسالبة التي تربط الغلاف الحيوي بتركيب الغلاف الجوي

والمنـــاخ تحدد تطور النموذج وتتجنب بالكامـــل الانتقال إلى الفوضى على الرغـــم من أنه نموذج ديناميكي وليس نموذجا توازنيا. وفي هذا الســـياق فإن الشـــيء الديناميكي هو حي، بينما الشـــيء في حالة توازن ميت، مثل الفرق بين شـــخص حي وتمثال حجري. يمكـــن لكليهما أن يقفا منتصبين، لكن الشخص الحي يفعل ذلك بحيوية وسينهار لو كان ميتا.



الشكل «2-3»: تغير المناخ على الكوكب النموذج الموصوف في النص مـع ازديـاد تركيـز ثاني أكسـيد الكربون فـي غلافه الجـوي. توضح اللوحة السـفلية التغيرات في طحالب المحيط وفي مساحة الأرض النباتيـة وتوفـر ثاني أكسـيد الكربـون. وتظهر اللوحـة العليا تغير درجـة حـرارة العالميـة بالدرجة المئوية وحساسـية النمـوذج (معدل زيادة درجة الحرارة مع زيادة ثاني أكسيد الكربون).

على الرغم من بســـاطته الشديدة، يستخدم هذا النوع من النماذج من قبل علماء المناخ لتشخيص تصرف نماذج مناخية أكبر، لكن النموذج المبين غير عادي بسبب شدة العلاقة بين الكوكب والمناخ.

أجريت تجربة على نموذج الكوكب لأرى ما الذي سـيحدث إذا أضيف ثاني أكسـيد الكربون كما نفعل الآن بالنسـبة إلى الأرض. لقد وجدت أنه مع إضافة ثاني أكسـيد الكربون تتغير درجة الحرارة قليلا في البداية، ويعود هذا إلى أن النظام كان في حالة تغذية سـالبة وقاوم الاضطراب، ولكن لا يكاد يصل تركيز ثانـي أكسـيد الكربون إلـى 400 ج. ب. م في الهواء، حتـى تظهر دلائل عدم الاسـتقرار المبينة بتضخيم التذبذبات الصغيرة في درجات الحرارة. ومن المهم إدراك أن النظـم الديناميكية التي تعدّل نفسـها ذاتيا مثلـك، ومثل الأرض، أو مثلي، إذا ضغط عليها بما يكفي، تتحول من تغذية راجعة سـالبة مسـتقرة إلى تغذية راجعة إيجابية غير مسـتقرة. وعندما يحدث هذا فإنها تصبح مضخمات للتغيـر. وكمضخمات فإنها لا تميز بين التسـخين والتبريـد بحيث إن تناقصا بسيطا في التسخين سيكون له تأثير أكبر من المتوقع، ويمكن أن يسبب انخفاضا ملحوظا في درجة الحرارة. ثم فجأة، بين 400 و500 ح. ب. م من ثنائي أكسيد الكربون فإن ازديادا بسـيطا في درجة الحرارة أو تركيز ثاني أكسـيد الكربون سيسـبب ارتفاعا مفاجئا بمقدار تسـع درجات في درجة الحـرارة. وبعد هذا يسـتقر نموذج الكوكب مرة أخرى، ويقاوم تغيرا أكثر في ثاني أكسـيد الكربون. ويبلغ تركيز غازات الدفيئة في الأرض الآن أعلى من 400 ج. ب. م (ثاني أكسيد الكربون نحو 390 ج. ب. م، لكن الميثان وأكسـيد النتروز والـCFC ترفع التأثير الكلي إلى نحو 430 ج. ب. م من ثنائي أكسيد الكربون).

تشـمل التجربة أيضا الإزاحة المفاجئة لثاني أكسـيد الكربون المضاف جميعه مباشـرة بعد الوصول إلى الحالة الحـارة. وعلى الرغم من هبوط تركيز ثاني اكسـيد الكربون إلـى 280 ج. ب. م بقي الكوكب النموذج في حالته الحارة. وإذا شـابه هذا النمـوذج الأرض الحقيقية، فإنه يقترح أن التثبيـت ممكن بشـروط غايا فقط عند خمس درجـات أحر من الآن، أو عند المناخ المسـتقر الثابت منذ نحو مائتي عام في العصر قبل الصناعي، أو الدرجات السبع أبرد للعصر الجليدي.

وتثيـر تجربـة النموذج هذه أيضا السـؤال حول صحـة الثابت الذي يدعى بالحساسـية والمسـتخدم في نماذج المناخ الكبيرة كلها تقريبا كتلك المستخدمة من قبل الـ IPCC ويعرف هذا الثابت بأنه ارتفاع درجة الحرارة

عندما يتضاعف تركيز ثاني أكسـيد الكربون في هواء النموذج. وتسـمح الرياضيات للحساسـية بأن تكون ثابتة إذا كانت علاقات النموذج خطية، ويوحـي المصطلح المعقد «غير خطي» بأن مواصفات مثل درجة الحرارة لا تتناسـب مباشـرة مع المتحولات الأخرى مثل ثاني أكسيد الكربون، ولكنها ترتبط بطريقة تتغير فيها مع التغير. وفي عالم الواقع وفي النموذج البسيط كما في الشـكل «2-3» فإن العلاقات بين المنـاخ والنمو غير خطية عادة. وهـذه اللاخطية مسـؤولة عن الانتقال من التغذية الراجعة السـلبية إلى التغذيـة الراجعة الإيجابية عند النقطة الحرجة لقفزة في درجة الحرارة، وعند هذه النقطة فإن الحساسية، كما يوضح الشكل لا تبقى ثابتة ولكنها تتذبـذب. إنها ثابتة عند تـوازن الحالة الثابتـة الديناميكي فقط أو عند توازن اصطناعي لنموذج خطي.

انظـر بتمعـن إلى اللوحة أعـلاه في الشـكل «2-3» ولاحظ كيف أن الحساسـية تنخفض إلى الحد الأدنى قبل أن تقوم درجة الحرارة بقفزتها إلـى الحالة الحارة المسـتقرة. ويلاحظ التأثير نفسـه على الرغم من أنه أقل وضوحا بالنسـبة إلى درجة الحرارة. ولو مثلت فعلا استجابة الأرض لازدياد تركيز ثاني أكسـيد الكربون، فإن هذا مخيف لأنه يوحي بأن المناخ قبل القفزة الأخيرة إلى عالم قاحل، سيصبح أبرد لفترة قصيرة مرة أخرى. ويحذّرنا هذا من أن صيفا باردا، أو حتى مجموعة منها، ليست دليلا على أن الاحترار العالمي قد انتهى.

تلك هي بعض الأسـباب التي تجعلني أشـك في حكمـة تطبيق مبدأ التوافق لـ IPCC للسياسـات البعيدة جدا في المستقبل. وإضافة إلى هذه الأسـباب التي تدعو إلى الشـك، والمؤسسـة كلها على دلائل مباشرة من الأرض، أريـد أن أركّـز بقوة على مسـألة أخرى مهمة فـي نمذجة المناخ والتنبؤ به. ما تأثير الغيوم والمعلقات في الهواء على المناخ؟

معظمكـم ممن يقرأ هذا الكتاب جلس في مقعد قريب من النافذة في طائرة، ونظر إلى الأرض تحته في الأسـفل. وفي يوم صاف عندما تتطلع من سـطح الأرض للأعلى فإنك غالبا ما ترى سماء زرقاء صافية من دون غيوم، ولكن إذا نظرت إلى الأسـفل مباشـرة بعد الإقلاع فسترى سديما

أبيض يخفي قليلا الأرض تحته. هذه هي المعلقات الجوية المنتشرة جدا والتي تعكس أشعة الشمس نحو الفضاء، وتجعل الاحترار العالمي أقل شدة مما يمكن أن يكون عليه. ويأتي هذا السديم على الغالب من التلوث الناجم عن السيارات، والصناعة، والزراعة، ولكن بعضه يأتي من الطحالب في المحيطات، وعلى المحيطات الكبيرة لنصف الكرة الجنوبي فإن المنتجات الغازية من الأحياء في المحيطات والغبار المنطلق من الصحارى هما المصدر الرئيس للسديم. وتعكس الغيوم في الهواء عندما تكون قريبة من سطح الأرض أشعة الشمس كما تفعل المعلقات، ولكن الغيوم في الأعلى كالسحاب الرقيق الذي يشير إلى اقتراب منخفض جوي، أو السحابة المتخلفة عن طائرة نفاثة يضيفان إلى الاحترار العالمي. وفي النهاية يؤثر كل من السديم والغيوم في الآخر. فالسديم في هواء رطب يتحول إلى غيوم، كما أن بريق الغيوم يزداد بسبب دقائق السديم، كما يمكن للغيوم أيضا أن تسرّع من إزاحة السديم من الهواء.

في العام 2004 أثار عالمان مساهمان في الـIPCC هما بيتر كوكس ومainرات أندريا السؤال: ما الذي سيحدث للاحترار العالمي إذا اختفى هذا السديم الناجم عن التلوث فجأة؟ لقد حذّرت ورقتهم العلمية المنشورة في مجلة نيتشر من أنه لو اختفى السديم فسيزداد الاحترار العالمي شدة وستكون النتيجة حدوث تغيير خطير.

وفي العام 2008 فحص فريق يترأسه بيتر سكوت من مركز هادلي (جزء من مكتب الأرصاد الجوية) هذه الظاهرة في ورقة علمية دقيقة ومكتوبة بشكل جيد في مجلة «تيليس»: لقد أظهروا أن «التعتيم العالمي» عملية جيوفيزيائية صرفة ومعقدة. ووفقا لحساباتهم قد تؤدي الإزاحة المفاجئة للسديم إلى زيادة شديدة أو متوسطة في الاحترار العالمي. لقد بدأت أدرك الآن لماذا يكره صديقي الحكيم روبرت تشارلسون أن يلزم نفسه بالمعلقات الملوثة والتغير المناخي. وعلى الرغم من ذلك، فهناك شك ضئيل لدى علماء المناخ البارزين كلهم بأن السديم الناجم عن التلوث الحالي يقلل من الاحترار العالمي، أو أن إزاحته المفاجئة يمكن أن تكون لها عواقب خطيرة.

أشك في أننا نقلق أقل حول الاحترار العالمي من قلقنا حول انهيار اقتصادي عالمي، وننسى أنه بإمكاننا أن نجعل الأمرين يحدثان معا لو نفذّنا تخفيضا فوريا عالميا بمقدار 60 في المائة من الإصدارات. وسيؤدي هذا إلى انخفاض سريع في استهلاك الوقود الأحفوري، وستسقط معظم الدقائق التي تشكل المعلقات الجوية (aerosol) خلال أسابيع من الهواء. وسيبسّط هذا التنبؤ كثيرا، ويمكننا أن نكون في النهاية متأكدين من أن درجة الحرارة العالمية سترتفع، وأن إزاحة معلقات التلوث ستترك في نهاية المطاف غازات الدفيئة حرة في أن تدمّر ما بقي من الأرض المريحة بين العصرين الجليديين. نعم، لو نفّذنا التوصيات التي اقترحت في بالي بكاملها خلال عام، فإن المناخ بدلا من تثبيته سيكون أحر بدل أن يكون أبرد. وهذا هو السبب الذي جعلني أذكر في كتابي السابق انتقام غايا من أننا «نعيش في مناخ مغفل، وأننا هالكون مهما فعلنا».

وكما لو كان هذا غير كاف، فقد نبّه العالم الأمريكي البروفسور ف. راماناثان أخيرا إلى الانبعاث الضخم من الدخان والمعلقات الأخرى من الصناعات المتنامية بسرعة في آسيا. فغيمة الدخان من الصين تمتد الآن عبر المحيط الهادئ إلى أمريكا الشمالية، ولغياب الشمس في كاليفورنيا غلالة وردية نتيجة تبعثر ضوء مشابه من السديم الستراتوغرافي من بركان بيناتوبو الذي انفجر العام 1991، ويحدث تبعثر الضوء نفسه فوق المحيط الهندي مع توسع الهند في صناعاتها.

هذه معلقات إضافية جديدة إلى الغلاف الجوي : فقد انتقلت غيوم الدخان من أمريكا الشمالية وأوروبا مسافات مماثلة لعقود عدة عبر المحيط الأطلسي وإلى آسيا. وإضافة إلى هذا فإن الطبخة العالمية من الصناعة والدخان من الغابات المحروقة في أفريقيا وجنوب أمريكا ومن الحرائق البرية في الغابات الشمالية لكندا وسيبيريا تضيف كلها موادها إلى خليط الطبخة الساحرة التي أصبحت عليها حال الغلاف الجوي.

نبّهنا راماناثان إلى حقيقة أن سحب التلوث الجديدة هذه أعتم بكثير من سابقاتها التي صدرت من الولايات المتحدة وأوروبا. فهي تحتوي على السخام الذي يمتص أشعة الشمس بينما تعكس المعلقات الأفتح أشعة الشمس بشكل

رئيس. إن هذا يجعل تقدير تأثيرها في المناخ أكثر صعوبة. وتقع العلاقة بين المعلقات والمناخ في فيزياء الجو على حدود الفهم، وهي حتما أكثر تشوشا بالتغذية الراجعة من أجزاء أخرى من النظام. فالغيوم في الهواء تتأثر بالحياة على السطح: تحرّض الدقائق في الهواء الناجمة عن البكتريا قطرات الماء في الغيوم على التجمد عند درجة حرارة عالية تبلغ 36° ف؛ وإلا يمكن لقطرات الماء المبردة جدا أن تبرد حتى40° ف قبل أن تتجمد. وعندما تتجمد، ترفع الحرارة المطلقة الغيوم وتجلب المطر والرعد. وبطرق عديدة مختلفة أخرى تؤثر الكائنات الحية على المناخ كما أنها تتأثر به: تنضح كميات ضخمة من بخار الماء من الغابات (النضح عملية فسيولوجية نشطة يضخ الماء بواسطتها من الأرض إلى أوراق النبات) وتصنع الطحالب في المحيطات غازات تصبح نواة لقطرات الغيوم. كل ما لدينا الآن هو عدد غير مؤكد مرتبط بالأجزاء العديدة المنفصلة من النظام، وتوجيه من نظرية غايا: إننا نشبه طبيبا من القرن التاسع عشر يحاول أن يقدم تشخيصا مفهوما لمريض بالسكري. يمكننا فقط أن نقدم تعميمات غامضة حول المستقبل، ولولا تأثير الاحترار الكبير الذي لا شك فيه لغازي ثاني أكسيد الكربون والميثان والغازات الأخرى لكنا في المجهول. إن الوصف الرائع لفهمنا لهذا العلم المعقد حتى الآن هو فصل في كتاب روبرت تشارلسون «علم نظام الأرض» الذي نشر العام 2001. وبالنسبة إلي فإن الرسالة من البحث العلمي في المعلقات والغيوم هي أن الاحترار العالمي الذي حصل مسبقا سيكون أكثر شدة لولاها، ولذا علينا أن نؤمن التمويل لمراقبتها والبحث فيها.

يعتقد علماء المناخ أحيانا أنه من الممكن حساب درجة حرارة أوراق غطاء غابة ببساطة من معرفة نسبة أشعة الشمس التي تنعكس من الغابة. إننا ننسى أن الشجر كائنات حية ويمكنها أن تنظم درجة حرارة أوراقها فسيولوجيا. ووفقا لورقة لإيان وودورد نشرت أخيرا في «نيتشر» فإن درجة حرارة أوراق الشجر في اشعة الشمس تنظم ذاتيا عند درجة حرارة قريبة من 70° ف؛ ويبدو أن درجة الحرارة هذه مثالية لعملية البناء الضوئي، وهي مستقلة عن الموقع الجغرافي للشجرة سواء كانت في القطب الشمالي أو في المناطق الاستوائية. تنظم درجة حرارة أوراق الشجر بعملية النضح. لقد لاحظت في

صيف إنجلترا في الجنوب أن أوراق شجرة الصنوبر الغامقة تحافظ على درجة حرارة سطحية أبرد بأكثر من 72 درجة من سطح خامل للون نفسه. وبمقياس غابة بحجم غابة الأمازون أو الغابات الشمالية في سيبيريا، فإن لهذا تأثيرا ضخما على المناخ المحلي. قاد ريتشارد بيتس وزملاؤه في مركز هادلي البحث في درجة حرارة أوراق الشجر وتأثيراتها على المناخ وعلى دورة الكربون أيضا. ومع بقاء الأوراق قريبة من درجة الحرارة المثالية لها فيزيولوجيا فإن حرارة أشعة الشمس المشعة الممتصة تتحول بشكل رئيس إلى الحرارة الكامنة للتبخير. ويحتاج الأمر إلى نحو 600 حريرة لتبخير غرام من الماء، ويدعو علماء الأرصاد الجوية الدفء المخزّن بهذه الطريقة «الحرارة غير المحسوسة». وما يبدو أن بعض فيزيائيي الجو غير مدركين له هو العلاقة بين المناخ وفسيولوجية النظام البيئي للغابة. وعندما تتضمن التغذيات الراجعة (Feed backs) القوية الموجودة في هذه العلاقة، وعلى الأخص الطريقة التي تذوب بها غابة ضخمة مثل قطعة من الجليد القطبي الطافي، فإنها تؤثر في المناخ المحلي والعالمي أيضا. وقد تقود التغذيات الراجعة على المستوى الإقليمي الضخم إلى تنقيط من النوع الموضح في الشكل «2-3».

يتعلق مثال آخر للطريقة التي لا تمثل فيها النماذج العالم الواقعي ببخار الماء في الهواء. ففي الصباح البارد عند الفجر غالبا ما نرى الندى قطرات ناعمة من الماء تطفو مثل غيوم أرضية في مناطق منخفضة. إن الهواء في مناطق الندى مشبع بالماء تقريبا برطوبة نسبية تعادل 100 في المائة. ومع شروق الشمس وتسخينها للهواء، يتلاشى الندى وبحلول منتصف النهار المبكر وتحت سماء صافية تنخفض الرطوبة النسبية من 30 إلى 40 في المائة. وبالنسبة إلى نماذج المناخ الضخمة فإنها تفترض الحفاظ على الرطوبة النسبية، وإلا فإنها تصبح غير مستقرة. ولكن يمكن للرطوبة النسبية في العالم الواقعي أن تكون عاملا مهما حقا في المناخ. ويتغير حجم دقائق المعلقات مباشرة وبسرعة مع التغير في الرطوبة النسبية، وكذلك عكسها لأشعة الشمس وبالتالي كمية الحرارة التي تصل إلى الأرض.

إن متوسط درجة حرارة سطح الأرض بكاملها محدد جيدا: فناتج الشمس من الحرارة ثابت بشكل ملحوظ على مدى مائة سنة، ولا يتغير أكثر من 0.2

في المائة، والذي يعادل تغيرا مقداره نصف درجة حرارة. وحاليا، مع نهاية منخفض شمسي طويل، لا بد أن تكون حرارة الشمس قرب حدها الأدنى. ولن يتغير محور دوران الأرض وميله على مستوى النظام الشمسي إلا قليلا في المائة عام القادمة. ولكن كما نعلم الآن، يمكن لتغير بسيط في تركيب الهواء أو طبيعة سطح الأرض أن تكون لهما تأثيرات كبيرة. ولو أصبحت الأرض كرة ثلجية بيضاء عاكسة فستكون درجة حرارة سطحها 11° ف، وهي باردة جدا وفق درجة الحرارة الآن؛ ولكن درجة الحرارة هذه وجدت لفترات طويلة في الماضي، حيث كانت درجة حرارة المنطقتين القطبيتن استوائية. ومنذ أربعة عشر ألف سنة مضت فقط كنا نعيش في العصر الجليدي حيث امتدت المناطق الجليدية في بعض الأوقات جنوبا حتى جبال الألب في أوروبا، وإلى ما يعرف الآن بسانت لويس في أمريكا الشمالية. ويبدو أن بإمكان الأرض أن توجد لفترات طويلة ضمن مجال واسع من حالات المناخ المختلفة. إن حالات البرد والحر المستقرة حقائق مؤكدة من التاريخ، ويمكننا أن نفسرها بدرجة عالية من الثقة. وما لا نعلمه كثيرا هو تفاصيل الانتقال من عصر جليدي مثلا إلى عصر ما بين جليديتين كعصرنا الحالي. ويبدو أن هذا الانتقال بدأ عن طريق زيادة بسيطة في الحرارة الممتصة من الشمس، ناجمة عن تغير بسيط في ميل الأرض ومحورها، ولكن لا بد أنه حدث تضخم كبير من خلال التغذية الراجعة لجعل هذا الانتقال يتم بسرعة. إن التشابه بين التغيرات المفاجئة آنذاك وما نفعله الآن هو الذي يجعل التنبؤ الحالي ضعيفا جدا.

إن لنماذج المناخ المبنية على فيزياء الغلاف الجوي مبدؤها الغريب الخاص بها: فكلها تقريبا تتنبأ بزيادة ناعمة ومستمرة في درجة الحرارة مع زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون. ويبدو أنها تفترض أنه لا شيء في الأعوام الثلاثين القادمة سيغير مسار الاحترار العالمي، لأن تغييراتنا لسطح الأرض وانبعاثاتنا فرضت زيادة درجة حرارة النظام بأربع درجات مئوية تقريبا، ولأن زمن استجابته بطيء. وهذا هو أساس توصية الـIPCC بتخفيض الانبعاثات بنحو 60 في المائة بحلول العام 2050 لتجنب تغير مناخي «خطير». إن الـIPCC محقة في اعتقادها بأنه يلزمنا آلاف السنين لتصحيح الأذى الذي

ســببناه، وأنه وفق شــروطنا فلن تكون هناك عودة للوراء. وهي محقة أيضا حول انبعاثات ثاني أكسـيد الكربون: فزمن اسـتجابة الأرض للتغير في ثاني أكسـيد الكربون يبلغ مائة عام. ولكن من الخطأ الاعتقاد أن لا شـيء يمكن أن يحدث بسـرعة في مجال التغير المناخـي. إذ يمكن للمعلقات في الغلاف الجوي، وعكس الأشـعة من الجليد والثلج، واستجابة النظام البيئي، وبالطبع اسـتجابة الإنسان، أن تسـبب تغيرا مناخيا محسوسا خلال أشهر فقط. ولو تداخلـت هذه التغذيات الراجعة الإيجابية والسـلبية العديدة التي يبدو أنها مستقلة بشـكل متجانس، فسـيبرد نظام الأرض بكامله أو سيسخن بسرعة بنحو سـت درجات مئوية. أجـد من الغريب، مقارنة بمـدى جهلنا، أن يكون العلماء مسـتعدين لوضع أسـمائهم على تنبؤات مناخية حتى خمسـين سنة من الآن، وأن تصبح هذه أسـاس سياستهم. وبالتأكيد فهي ليست تنبؤات، بل مجرد تخمينات لتخفيف الخوف من الغيوم الداكنة التي تلوح في أفق المناخ.

ليـس تخمينا تحدي الـرأي الذي يقول إنه لا شـيء يمكن أن يحدث في السـنوات الثلاثين المقبلة من شأنه أن يغير مسار التغير المناخي. لقد أجـرت الأرض بطريقة ما التجربة لنا، لأنـه عندما انفجر بركان بيناتوبو العـام 1991 حقنت معلقات في الغلاف الجوي العلـوي بما يكفي ليبرد المناخ بشـكل ملحوظ في السنوات الثلاث التي أعقبت الانفجار. وسيكون من الخطأ تماما تصور أن بإمكاننا تعديل نماذج السفن الحربية الضخمة تلك وتطويرها، بحيث تقدم نظرة صحيحة وواضحة للمناخ في المستقبل. وحتى لو استطعنا ذلك فإن الانفجارات البركانية الكبيرة مازالت غير قابلة للتنبؤ، ويمكن لها أن تعطل التنبؤ بحقن سحابة واسعة من الدقائق المبردة في غلاف الجو العلوي. ويمكننا كذلك باسـتخدام الهندسـة الجيولوجية تحقيق النتائج التي تقدمها هـذه البراكين بطريقة أكثر خضوعا للتحكم. وهناك عدد من الحوادث الطبيعيـة الأخرى، علما أنها أقل احتمالا، مثل تأثيـر ارتطام جسـم بقطر أكبر من واحد كيلومتر سـاقط من السـماء بـالأرض، أو تكرار للإشـعاع الشمسـي الأدنى عندما يتناقص الإشـعاع الشمسـي بمقدار جزء بالمائة لمدة مائة عام، أو حدوث كوارث بشرية مثل انتشـار وباء أو حدوث كارثة تقنية من النوع الذي تنبأ به اللورد ريس في

كتابه «**قرننا الأخير**» وغيرها من الحوادث المجهولة التي قد تؤثر في المناخ وتجعل التنبؤ بالمستقبل البعيد أمرا صعبا للغاية.

إضافة إلى عدم التأكيدات هذه جميعها يضطر متنبئو المناخ إلى نمذجة فيزياء الغلاف الجوي، في حين أن عليهم أن ينمذجوا الأرض غايا، أو على الأقل النظام الأرضي بكامله، الذي يشكل المناخ خاصة واحدة منه. ويتصور مديرو العلم غالبا أن فريقا مؤلفا من علماء أحياء وكيميائيين وفيزيائيي مناخ من الطراز الأول يعملون معا، كما في الـ IPCC سيحلّون مشكلة المناخ. وعمليا فقد لا ينجح هذا أكثر من نجاح البحث عن سبب حمى التيفوئيد وعلاجها في العصر الفيكتوري بتحليل تذبذب درجة حرارة الجسم للمرضى ثم الطلب من فريق من البيولوجيين والكيميائيين والفيزيائيين أن يجدوا الجواب.

عند هذه النقطة أشعر بالحاجة إلى ملاحظة أكثر شمولية حول التغير المناخي. لو فكرنا في الاضطرابات المحتملة الأخرى كلها لأرضنا التي تنظم نفسها ذاتيا، نرى أن وجود 7 مليارات من البشر يهدفون إلى العيش برخاء العالم الأول نفسه كثير جدا. إنه بوضوح لا يتلاءم مع الاستقرار الداخلي للمناخ، ولكنه لا يتلاءم أيضا مع كيمياء النظام واقتصاديته وتنوعه الحيوي. إن عدم الاستقرار في أي من الخصائص الأخرى هذه للأرض هو بخطورة التغير المناخي ويتفاعل معه. إن تحميض المحيطات بمقادير زائدة من ثاني أكسيد الكربون هو مثال فريد على الأخطار المعقدة الناجمة عن وجود أعداد زائدة من البشر.

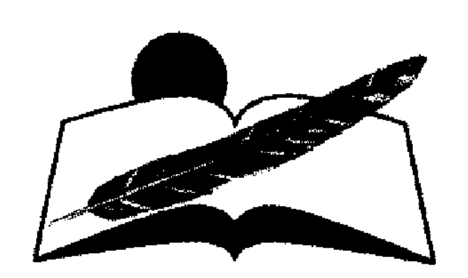
بافتراض أن المناخ هو أساسا خاصة فيزيائية لبيئة سطح الكرة الأرضية فإننا نهمل الاعتبار المهم للكائنات الحية، بمن فيهم البشر والأصناف التي تعتمد عليهم من محاصيل وحيوانات، كجزء مكمّل للنظام المناخي ومتفاعل معه. وهذا هو الخطأ الأساس في معظم نماذج المناخ الحاسوبية. وهو خطأ يمكن فهمه لأن جيوفيزياء المناخ وحدها خارج قدراتنا الحالية، ولذا يبدو من العبث إدخال الغلاف الحيوي الأكثر تعقيدا بالاعتبار. وبالطبع يعتقد العلم أنه اختزل المشكلة بتقسيمها إلى أجزاء، ومن المفترض أن هذا هو سبب وجود لجنة تقويم النظام البيئي الألفية البيولوجية مستقلة عن الـ IPCC.

سأكون مخطئا لو اقترحت أن منظّمي نماذج المناخ يجهلون أهمية مساهمة الحياة على الأرض في التغير المناخي. فمنمذجو المناخ في مركز هادلي في جامعة إيست إنجليا في المملكة المتحدة، وفي المركز الوطني لبحوث الغلاف الجوي، والمختبرات الأخرى في الولايات المتحدة، وفي بوستدام في ألمانيا صمموا أو يقومون بتصميم نماذج مناخية ديناميكية شاملة تتضمن الكائنات الحية. إنني على علم بالمساهمات الضخمة لبيتر كوكس، وكريس جونز، وريتشارد بيتس من مركز هادلي، وتيم لنتون، وأندرو واطسون، وبيتر ليس من جامعة إيست إنجليا، وجون شيلنوبر، وفيرنر فون بلوه، وستيفان راهمستورف من معهد بوستدام لبحوث تأثير المناخ. ولكنني أعتقد أن جميعهم يتفقون على أن عملهم أبعد كثيرا من أن يكون كاملا. وهناك علماء مناخ مثل آن هندرسون سيللرز، وكندال ماكوفي، وروبرت ديكينسون عملوا من دون كلل، وبمواجهة معارضة شديدة على مد كفاءة نمذجة المناخ عن طريق إدراكهم الحاجة إلى إدخال الكائنات الحية فيها بدور ديناميكي. وبالنسبة إلى أولئك المهتمين بمادة بحوث المناخ الغامضة فإن كتاب «**مقدمة عن النمذجة المناخية**» لماكفي وهندرسون سيللر مفيد جدا.

لم نتعلم من التاريخ. فقبل أن نهتم بالتغير المناخي كان العلماء والحكومات قلقين جدا حول استنزاف طبقة الأوزون بمركبات الكلور فلوروكربون CFC. وخلال تلك الأزمة كان هناك قبول كلي تقريبا بتنبؤات النماذج. كان العلماء مقتنعين جدا بصحة نماذجهم بحيث إنهم رفضوا ملاحظات الأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض والتي لاحظت الثقب في طبقة الأوزون فوق القطب الجنوبي. لقد تطلب الأمر أن يقوم ملاحظون من البشر مثل جوزف فاتمان، وبريان خاردينر وجوناثان شانكلين من هيئة المسح القطبي البريطاني بإقناع العلماء أن هناك فعلا استنزافا ضخما لطبقة الأوزون وأن النماذج كانت خاطئة. (كانوا في ذلك الوقت في القطب الجنوبي يتفحصون طبقة الأوزون بمطياف دوبسون). ويستمر الاعتماد على النماذج، وكما وصفت سابقا في هذا الفصل، لم يتم التنبؤ بحدوث الثقب الواسع الذي ظهر في الجليد الطافي العام 2007 في المحيط القطبي الشمالي عندما حدث. ووفق تنبؤات النموذج لم يكن الذوبان متوقعا قبل العام 2050. إن الأرض الفعلية

إن السؤال الأهم في التغير المناخي هو: ما مقدار الاحترار العالمي وما سرعته؟ وأكرر أن هناك مؤشرا موثوقا على التوازن الحراري للأرض، وهو مستوى سطح البحر. إن ارتفاعه مؤشر عام وموثوق يخترق الخلاف حول ما إذا كان بعض الجليد ينصهر وبعضه الآخر يتعاظم، وفيما إذا كانت هطولات الثلج الإضافية ستعوض المياه الجليدية المنصهرة. يرتفع سطح البحر لسببين فقط: انصهار الجليد على الأرض وتمدد مياه المحيطات مع ارتفاع درجة الحرارة. ويشبه هذا تمدد السائل في ميزان الحرارة: مع ارتفاع درجة حرارة الأرض، يرتفع سطح البحر. ومن الصحيح أن المستوى قد يزداد فجأة لو انزلقت قطعة جليدية هائلة من غرينلاند أو من قارة القطب الجنوبي إلى البحر، ولكن من غير المحتمل أن يحدث شيء كهذا من دون أن يلحظ ومن السهل إهمال تأثيره.

أشعر بأن بداية العلم أتت من الصراع بين أولئك الذي يتمسكون بالنظرية، والآخرين الذين يذهبون إلى الأرض ليراقبوا ويقيسوا. إن الذين يراقبون ويقيسون هم سندريلات العلم كما كانوا دوما. فلم يجل داروين بالأرض ليبرهن عن نظرية. لقد كان ملاحظا فائقا وعالم أحياء: لقد طورت النظرية فيما بعد، وبعضها بعد أن توفي. إن المحيطات هي بالفعل مجهول مائي (aqua incognita) وهي مهمة جدا للمناخ لأنها تخزّن معظم الحرارة الزائدة الناجمة عن الاحترار العالمي. ومن الصحيح بناء نظريات حول المحيطات، حتى لو كنا نعلم القليل جدا عنها، ولكن من الخطأ استخدام هذه النظريات لتقرير السياسات. يجب أولا اختبار هذه النظريات بالملاحظات والقياسات على المدى الطويل، وهذا كما أعتقد يجب أن يكون أولويتنا الأولى.



3

العواقب والبقاء

«لا أعتقد أن البشر كنوع أذكياء بما يكفي لمعالجة الأزمة البيئية القادمة، وأخشى أنهم سينفقون جهودهم في محاولة الحد من الاحترار العالمي، بدلا من محاولة التأقلم والبقاء في عالم حار جديد»

المؤلف

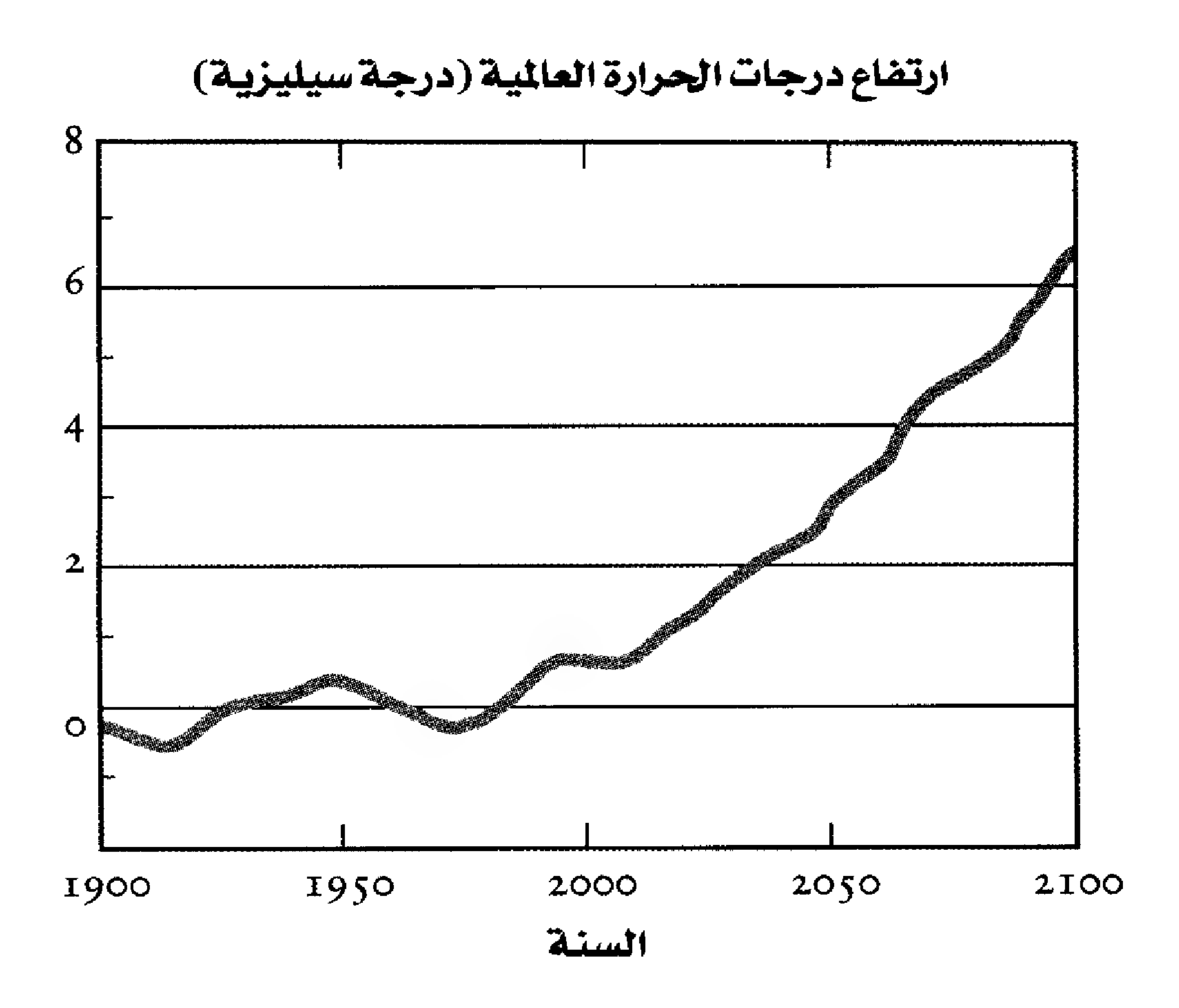
عندما يكتشف شخص ما في وقت متأخر جدا أنه يعاني من مرض خطير لا شفاء منه وأن فرصته في البقاء على قيد الحياة لا تزيد على ستة أشهر، تكون استجابته الأولى هي الصدمة، ومن ثم في حالة إنكار يقوم غاضبا بتجريب أي علاج يقدم له، أو يلجأ إلى مزاولي الطب البديل. وأخيرا، إذا كان حكيما، فإنه يصل إلى حالة من القبول الهادئ. إنه يعلم أنه لا لزوم للخوف من الموت وأنه لا يمكن لأحد الإفلات منه. وإذا كان المرض هو السرطان فإن حركة «المأوى» تلك المنظمة الرائعة التي أسستها القديسة الحقة، السيدة سيسلي ساوندرز، غالبا ما تجعل النهاية أكثر جاذبية من البداية.

ينصــح العلماء الذيــن يدركون حقيقة وضــع الأرض حكوماتهم بجدية معالجة هذا الوضع المميت بأســلوب الطبيب نفســه. ونرى الآن ردود الفعل على ذلك. في البداية كان هناك إنكار على جميع المســتويات، ثم كان هناك البحث اليائس عن علاج. وكما نجرب كأفراد العلاج البديل، فإن لــدى حكوماتنا عروضا عديدة من رجــال الأعمال ومن جماعات الضغط المســاندة لهم لطرق مســتدامة لـ «إنقــاذ الأرض»، ومن بعض ملاجئ الخضر قد يأتي عقار الأمل.

وإذا شــككت في أن هذا المســتقبل المظلم حقيقــة، فدعني أذكرك بالقوى التي تحول الأرض الآن إلى بيت حار. تشمل هذه القوى الانبعاث المتزايــد لغازات الدفيئة من الصناعــة والزراعة - الغازات من البيئات الطبيعية التي خربت بالاحترار العالمي في المناطق القطبية والاستوائية - ولــم تعد البيئــات الطبيعية المحيطية الضخمــة التي كانت تمتص غاز ثاني أكســيد الكربون قادرة على ذلــك، لأن المحيطات تحولت إلى صحارى مع زيادة درجة حرارتها وارتفاع حموضتها، وهناك الامتصاص الإضافي لحرارة أشعة الشمس مع ذوبان الجليد العاكس لها، واستبداله بــأرض داكنة أو بالمحيطــات. وتضيف كل زيادة منفصلــة حرارة، ومع بعضها البعض تضخم الاحترار الذي نسببه. إن قوة هذه المحصلة وعدم قدرة الأرض الآن علــى مقاومتها هما اللذان يضطرانني لرؤية الجهود المبذولة لتثبيت غاز ثاني أكســيد الكربون ودرجة الحرارة ليست أفضل من علاج كوني شبيه بالطب البديل.

علــى ما أعلم، لم يقلق أحد في مؤتمر بالي أو في اجتماعات الأمم المتحدة التي سبقته بشــكل مباشر حول غايا، أو أخذ بعين الاعتبار رد فعل الأرض الحية على ما نفعل بها. وفي الحقيقة مع ازدياد درجة حرارة الأرض وقبل الموعــد المحدد في العام 2050 بكثيــر، فإن الإصدارات من غازات الدفيئة والتغيرات الظاهرة التي تســببها الأرض نفسها قد تتجاوز تأثير الاحترار من الغازات التي أضفناها جميعها. إن الافتراض بأن المناخ يمكن أن يستقر بتخفيض الإصدارات عند تركيز 550 ج. ب. م لثاني أكســيد الكربون وبدرجة حرارة عالميــة أعلى من العادية بأربع

درجات ليس له أساس علمي. وبدلا من ذلك فلربما التزم نظام الأرض مسبقا بتغير لا رجعة فيه، حتى لو نفذنا كاملا تخفيض غازات الدفيئة الموصى به بنسبة 60 في المائة.



الشكل «1-3»: تنبؤ الاحترار للجزء الشمالي من الكرة الأرضية للقرن القادم، بحسب تنبؤات النموذج التي ذكرها بيتر ستوت في مقاله في العام 2006 حول الصيف الأوروبي الحار بشكل غير عادي العام 2003. رسم الخط المبين باليد ويجب ألا يؤخذ على أنه أدق من مخطط على سبورة.

من الغريب أن يكون السياسيون بلا حكمة بحيث يوافقون على سياسات لعقود عدة قادمة. ربما كانت هناك أصوات من علماء حذرت من عدم جدوى مثل هذا التخطيط، ولكن لو كان الأمر كذلك فلا يبدو أنهم سمعوا هذا التحذير. وحتى لو خفضنا إصداراتنا بنسبة 60 في المائة إلى 12 غيغا طن في العام، فلن يكون ذلك كافيا. لقد ذكرت

مرات عدة من قبل أن الزفير مصدر قوي لغاز ثاني أكسـيد الكربون، ولكن هل تعلـم أن الزفير والإصدارات الغازيـة الأخرى من حوالي 7 مليارات إنسان على الأرض مع حيواناتهم المدللة والمدجنة مسؤولة عن حوالـي 23 في المائة من إصدارات غـازات الدفيئة كلها؟ وإذا أضفت إليهـا الوقود الأحفوري المحروق في النشـاط الكلـي لزراعة الغذاء، وجمعه، وبيعه، وتقديمه، فسـيبلغ هذا كله حـدود نصف الإصدارات مـن غازات الدفيئـة كلها. فكر فـي آلات الزراعة، ونقـل الغذاء من المزارع، ونقل الأسـمدة، والمبيدات، والوقود الداخل في تصنيعها، وبناء الطرق وصيانتها وتشغيل الأسواق وصناعة التعبئة، فضلا عن الطاقة المسـتخدمة في طهو الطعام، وحفظه بالتبريـد، وتقديمه. وكأن هذا كله ليس كافيا، فكر في كيف تفشل المزارع في خدمة الأرض غايا كما كانت الغابات التي اسـتبدلت تفعل. لو كنا بمجرد العيش مع حيواناتنا المدللة وقطعاننا مسـؤولين عن نصف الإصدارات من غاز ثاني أكسيد الكربون، فلا يمكنني رؤية كيف يمكن تحقيق التخفيض بمعدل 60 في المائـة من دون ضياع كبير في الحياة. وسـواء أحببت ذلك أم لا، فإننا نحن نمثل المشكلة وكجزء من نظام الأرض، لسنا شيئا منفصلا عنها أو فوقهـا. وعندما يطلب منا زعماء العالم أن نتبعهم إلى المراعي الخضر الواعدة مسـتقبلا، عليهم أن يتأكدوا أولا أنها حقا عشـب على أرض صلبة وليست طحلبا يغطي مستنقعا.

إن الاسـتنتاج الوحيد المؤكد تقريبا والـذي يمكن التوصل إليه من المناخ المتغير واسـتجابة النـاس له، هو أنه لم يبق أمامنا سـوى وقت قصير للعمل. ولذا فإنني أدعو إلى جعل التكيف مسـاويا في الأهمية على الأقل للسياسـات المخططة للتخفيف مـن الإصدارات. لايمكننا الاسـتمرار في الافتراض أنه بسبب عدم وجود طريقة لطيفة لخفض أعدادنا، يكفينا فقط تحسـين بصماتنا الكربونية. هناك العديد جدا من الذين يفكرون فقط في الربح الذي سيأتي من تجارة الكربون. ليس البصمـة الكربونية لوحدها هي التي تؤذي الأرض، لأن بصمة البشـر أكبر من ذلك وأشد خطرا.

إننـــا نواجه فعلا العواقب الســلبية لتراكم في غازات الدفيئة وصل إلـــى أكثر من 430 ج. ب. م من مكافئ ثاني أكســـيد الكربون، وفقدان الأنظمة البيئية المؤسسة على الأرض، وتصحر الأراضي وقاع المحيطات، وانصهـــار الجليد القطبي، والتي تعمل كلها فـــي تغذية راجعة إيجابية، وربمـــا تلـــزم الأرض باحترار لا رجعة فيه. وربما لـــن يكون هناك خيار سوى الاستخدام المباشر لتقانات تبريد الكون التي ستناقش في الفصل الخامس حول الهندسة الجيولوجية، بما في ذلك محاولة إزالة الكربون من الغلاف الجوي بطمر الفحـــم النباتي. وفيما إذا كانت هذه الجهود فـــي تبريد الأرض إلى حالتها الســـابقة ذاتية التنظيم في عصر ما بين الجليديتين ستنجح أم لا، علينا أن نستعد للفشل عن طريق التكيف.

إن جوهر المشكلة هو وجود أعداد كبيرة جدا منا تعيش كما نفعل الآن، وقد ذكر بـــاول وآن إيهرليش هذا منذ أربعين عاما فـــي كتابهما «**القنبلة السكانية**». ولكننا لم نســـتمع إليهما. لقد مالا إلى المبالغة، لكن نظرتهما الثاقبة حول أخطار الانفجار الســـكاني كانـــت صحيحة. يمكننا نظريا أن نـــأكل أقل ونحافظ على الطاقـــة، لكننا عمليا لن نفعل ذلـــك أبدا، ما لم نجبر على ذلك. إن عواقب نمونا الزائد وإصداراته لا تختلف إلا قليلا عن النمو الزائد لكائنات التمثيل اليخضوري (نباتات وحيدة الخلية) التي نمت وتكاثرت أيضا منذ ملياري ســـنة أو أكثر، وبالتالي غيرت عالمها، وحكمت على طيف واســـع من النظـــم اللاهوائية بالعيش تحـــت الأرض. لقد كان الغاز الملوث لها هو الأكســـجين، وهو غاز سام ومسرطن ومسبب للحريق، وقد تطورت الحياة، بما فيها نحن، للاســـتفادة منه. ومثل كائنات التمثيل اليخضوري لم يكن بوســـعنا تجنب الوصول إلـــى أعدادنا الزائدة الحالية وإلى الحالة غير المســـتدامة التـــي وصلنا إليها. إننا علـــى ما نحن عليه، وهنـــاك القليـــل الذي كان بوســـعنا فعله لتجنب ما يبـــدو الآن على أن له تغيرات سلبية، وعلينا ألا نشعر بالذنب تجاه ذلك.

ولو كان زعماؤنا أقوياء وعظماء، لاستطاعوا منع الاحتفاظ بالحيوانات المدللة والمدجنة، ولفرضوا الغذاء النباتي، ولمولوا برنامجا ضخما لإنتاج الغذاء من الصناعـــات الكيميائية والكيمياحيويـــة، و بهذا يمكن حصر

المـــوت للحيوانات المدللة والمدجنة فقط. ومن المشـــجع أن رئيس منظمة الـ IPCC الدكتور باشـــوري أوصى بغذاء نباتي كأسلوب للعيش. لكن من المؤكد تقريبا أن الأمور لن تحدث على هذا النحو، وسيستمر الناس في الزراعة والأعمال والحكم كالمعتاد. إن التغيير في نمط الحياة والزراعة وعادات الغذاء ليس خيارا سياســيا مســتحبا، والأكثر احتمالا أن تتبع الحكومات الطريق السهل باســتخدام الضرائب والمعونات لدفع المزارع والصناعة والجمهور في أي اتجاه تفضله عقيدتها السياسية. وغالبا ما ننسى أن واجب الصناعي هو تجاه مساهمي شركته، وليس تجاه الحكومة أو المجتمع، وبالتأكيد ليس تجاه كوكب الأرض. ليس الصناعيون أجشـــع أو أقل إحساســـا من بقية الناس، لكن الضريبة والمعونة تشـــوه قدرتهم على الحصول على الربح، لذا فهم يفضلون عادة مصادر غير كفؤة لكنها مربحة من الطاقة والمنتجات الزراعية على خيارات حساسة وكفؤة على المدى الطويل لكنها أقل ربحا. وهذا هو السبب في أن الصناعة ستدعم الطاقـــات المتجددة، وتجارة الكربون، والوقـــود الحيوي، والتي هي غير كفؤة أو حساســـة، لكن ربحها فوري. إن الطاقة النووية مربحة حتى من دون الدعـــم الحكومي، ولكن كما في حال شـــراء بيت بالتقســـيط، فإن الريـــح منه مؤجل. وفي المناخ الاقتصادي الســـائد المشـــوه بالدعم، فإن الطاقة النووية أقل جاذبية للصناعة.

يســـتمر في هذه الأثناء تغير المناخ بلا هوادة، مدفوعا الآن بتغذيات راجعة من الأرض وبالزيادة في إصداراتنا واستخدامنا للأراضي. وليس هنـــاك نقطة انعطاف، فنحـــن ننزلق على منحدر وعر يـــزداد انحدارا باتجاه العالم الحار في المســـتقبل. وحتى في ملاجئ البقاء الآمنة حيث يكون التغير المناخي لطيفا، بحيث يسمح بالنمو المستمر للغذاء، ستكون هنـــاك كوارث وصعوبات. ولذا ففي المناطـــق الأكثر خصوبة في العالم غير المتأثـــرة بالحرارة والجفاف بما في ذلك هولندا، والمملكة المتحدة، وايرلنـــدا، قد يؤدي ارتفاع مســـتوى البحر والعواصـــف إلى فيضانات كارثية. ومن المحتمل أن يغـــرق معظم مدينة لندن، ويتعطل نظام النقل تحت الأرض. وقد تصبح هولندا غير صالحة للســـكن. وحتى الفيضان

المؤقت بمياه مالحة يخفض بشدة إنتاجية الأرض الزراعية. لقد أصاب إعصار العام 2005 معظم المدن الساحلية في نيو أورلينز في الولايات المتحدة بالفيضان، وهو يذكرنا بأن المدن على مستوى سطح البحر أو القريبة منه جميعها مهددة. وعندما نعتبر إمدادات الغذاء والطاقة، علينا أن نتذكر أن الحاجات الفورية للمستهلكين من البشر هي جزء واحد فقط من المشكلة. نحتاج أيضا إلى الحفاظ على البنى التحتية للمدن والسكن والصحة والخدمات الأخرى، بما في ذلك المدارس وصرف الفضلات والمواصلات. ومن السهل جدا نسيان حاجات غايا: علينا أن نبقي على أنظمة بيئية كافية على الأرض وفي المحيطات من أجل أن تنظم الأرض ذاتها.

إن التغير المناخي متقلب. لقد جعلت الأحداث في بداية العام 2008 الكثيرين في أوروبا والولايات المتحدة يشكّون في تقدم الاحترار العالمي وفق الموعد، أو أنه يشكل السبب الرئيس للقلق. لم يبد المناخ في ذلك الوقت سيئا بما يكفي ليتطلب إجراء فوريا، وكانت عقولنا مملوءة بالخوف من تدهور المناخ المالي أو ركوده. وبالفعل سيلحظ طبيب كوني ينظر في المخطط السريري لكوكبنا، المفترض أنه مريض، سيلحظ أنه على الرغم من الاحترار العالمي المؤكد بالارتفاع المستمر لمستوى البحر خلال السنوات العشر الماضية، فإن متوسط درجة حرارة الأرض لم يتغير بشكل كبير خلال الفترة ذاتها. حتى أن بعض علماء المناخ الجيدين يعتقدون أنه ربما كان هناك انخفاض بسيط في درجة الحرارة خلال القرن الحالي. ومن الصحيح أنه كانت هناك عوارض مخيفة مثل الانصهار غير العادي للجليد القطبي في صيف العام 2007، لكن على الرغم من هذه المخاوف فإنه لايبدو أن حمى الأرض تزداد سوءا. والأكثر من ذلك فإن صيف العام 2008 كان باردا ورطبا في شمال أوروبا وأنحاء من الولايات المتحدة، وهو ما كان غير متوقع من الاحترار العالمي. وقد عكس هذا التراجع الظاهري في مرض الأرض في ورقة نايجل لاوسون الرصينة «**دعوة للتعقل**». ويأتي كتابه كنسمة من الهواء النقي تدخل من نافذة مفتوحة في غرفة مؤتمرات حارة.

إن معظم المشـــككين في تغير المناخ يفشـــلون فـــي إخفاء مصلحتهم في الوضـــع الحالي، وهم غيـــر مقنعين وحتى إنهم مملـــون. لكن هنا كتابا ينكر الاحترار العالمي كتب بحماس ولكن باستقلالية محترمة، كما لو أن المؤلف كان محاميا للمشككين في التغير المناخي.

أعتقـــد أن المؤلف كان محقـــا في نقد المبالغة التي ترافق اســـتجابة الجمهـــور للاحترار العالمي. ولكنني لا أتفق مطلقا مع إنكاره، وأعتقد أن هناك احتمالا ضئيلا فقط ألا يصبح العالم أشـــد حرارة كما شرحت في الفصل الثاني. ومن المفيد الآن مقارنة الأرض بشراب مثلج. وقد لاحظت أن الشراب يبقى باردا حتى تذوب آخر قطعة من الثلج، وهذا هو الوضع إلى حد ما بالنســـبة للأرض. لقد ذهبت كمية كبيرة من حرارة الاحترار العالمي إلى تســـخين الكتلة الهائلة من مياه المحيطات وفي صهر الجليد. وقد يكون هذا واحدا من عدة أسباب لعدم تسخنه أكثر، ولكن بمجرد أن ينصهر الجليد ويصل مزج مياه المحيطات إلى توازن ديناميكي ســـيمضي الاحترار العالمي بســـرعة أكبر من السابق. إن كتاب لاوسون يجبرنا على التفكير في الأرض وفيما نفعله لها في الســـياق الأكبر. وإنني أثني على إنكاره ومرارته من الشعبية الرائجة التي تلازم كل شيء يبدو أنه أخضر.

إن الطبيعـــة البشـــرية، وهي التصرف الذي يأتي مـــن الذكاء الذي أعطانا إياه التطور، تقلل من فرصنا في البقاء. ونحن مثل نسور عالية التحليق - الصقور والنســـور التي تطورت لتلتقط فرائسها من الأجواء وأن تفعـــل ذلك بصورة جيدة جدا - لكن ما مصير النســـور إذا انتقلت فرائســـها كلها لتعيش تحت ســـطح الأرض؟ إنها لـــم تتأقلم لتطير في الخنـــادق والكهوف، ولن تكون عيونهـــا الرائعة مفيدة لترى في الظلام. لقد تطورنا بشـــكل كامل لكي نعيش على الصيد والالتقاط. لقد نغمت أجنحة عقولنا بالتطور للبقاء في العالم منذ مليون ســـنة مضت، ولكننا غير مجهزين للبقاء في عالم القرن الحادي والعشرين الذي صنعناه كما لو كنا صقرا في كهف. إن ذكاءنا ليس شيئا منزلا، لكنه خاصة تطورت لتلائمنـــا مـــع موقعنا تماما، مثـــل تطور المنقار الصلب لنقار الخشـــب ليلائمه مع عالم يتكون غذاؤه فيه من حشرات لحاء الشجر.

إن حضارتنـــا الصناعية الراهنة غير ملائمة جــدا للبقاء في عالم يفيض بالسكان، ويشـــح بالموارد ومخدوع بفكرة أن الاختراعات الذكية والتقدم العلمي سيقدمان الأداة التي تجعلنا نتلاءم مع موقعنا المفترض. أعتقد أنه من الأفضل أن لو قبلنا وفهمنا فرصتنا في بقائنا الشخصي، وأن نستمد الأمل من حقيقة أن صنفنا صلب بشكل غير اعتيادي، وقد تخطى ســبع كوارث مناخية رئيســـة في المليون سنة السابقة، ومن غير المحتمــل أن يفنى بســـبب الكارثة المناخية القادمـــة. لقد لاحظ علماء الجينات المهتمون بالتطور البشـــري أننا مررنا بعنق زجاجة جينية مرة واحدة خلال المليون ســـنة الســـابقة حيث قل عدد أجدادنا إلى حوالي الألفين فقط. ولحسن الحظ فإن غايا أصلب بكثير وقد عاشت ككوكب حي لأكثر من ربع عمر الكون.

أعطى مايكل شيرمر مثالا محددا على خاصة عقلية تطورية كانت فيمـــا مضى مفيدة للبقاء لكنها أصبحت الآن عائقا خطيرا في مقاله في مجلة العلوم الأمريكية في أغسطس من العام 2008. لقد استشهد بحادثة طبيـــة مثيرة للجدل حدثت أخيرا ليشـــرح لماذا يأتي التفكير القصصي بشـــكل طبيعي، بينما لا يتم ذلك بالنسبة للتفكير العلمي. كان الجـــدل فيما إذا كان مرض التوحد مرتبطا بتلقيح الأطفال. فمن جهة يلاحظ بعض الآباء أن مرض التوحد يظهر بعد فترة قصيرة من إعطاء اللقاح، ومن جهة أخرى لا يجد العلماء أية علاقة عرضية بين التلقيح أو المواد الحافظة الموجودة في اللقاح وأعراض مرض التوحد. إن العلاقة القصصية وخاصة عندما تضخم على شكل قصة بواسطة وسائل الإعلام، قوية جدا بحيث تجعل الناس يتجاهلون الدليل العلمي المناقض لها. ويمضي شـــيرمر ليقول إن سبب هذا التناقض المعرفي هـــو أننا طورنا عقولا تهتم بالقصص لأن الإيجابي الخاطئ (الاعتقاد أن هنـــاك علاقـــة بين A وB في الوقت الـــذي لا توجد فيه علاقة) غير مؤذ عادة، بينما الســـلبـــي الخاطئ (الاعتقاد أنه ليســـت هناك علاقة بين A وB في الوقت الذي تكون فيه علاقة) قد يأخذك خارج التجمع الجيني. إن عقولنا عبارة عن محركات اعتقاد تستخدم التعلم

الترابطـــي في البحث عن أنماط والعثــور عليها. ويمتد عمر التفكير الخرافي والإيمان بالســحر لملايين السنين السابقة، بينما يمتد عمر العلم الذي يتجنــب بطرقه البارعة الإيجابي الخاطئ بضع مئات من السنين فقط.

هناك تشــابه بين علاقة التلقيح بمرض التوحد والاعتقاد المتداول أن هناك تجمعات من ضحايا سرطان الدم بين الناس الذين يعيشون بالقرب من محطــات الطاقة النووية. إنني أعلم كعالــم أن هذا مجرد هراء، لكن حــاول أن تقنــع امرأة فقدت قريبا لها صدف أنــه كان يعيش بالقرب من محطة نووية بأن الاحتمال ضئيل جدا. وهذا هو الســبب في سهولة إقناع الجمهور الساذج بأن الهاتف الجوال غير المؤذي الذي تستخدمه أو الخط الكهربائي القريب منك يشكل خطرا.

وإذا كان عالمنــا الحالي غير مســتدام تمامــا، فكيف نتراجع عنه بشــكل مســتدام؟ وللجواب عن هذا الســؤال من المفيد التفكير في غواصة نووية كنموذج مصغــر للكون. على الغواصة أن تتواجد تحت الأمــواج لفترات قد تمتد لنصف ســنة وأن تحافــظ دوما على بيئة صحية لقاطنيها. وتأتي الطاقة من مفاعلات نووية مستقرة وموثوقة. إن المفاعــل معزول جيــدا بحيث يتعرض ركاب الغواصة إلى إشــعاع أقل من أي شــخص حي آخر. وعلى عمق 100م لا يتغلغل أي إشعاع أرضــي أو كوني، ولكن بالنســبة لنا على ســطح الأرض فبالإضافة إلى الاشــعاع الكوني والعناصر الطبيعية المشــعة في التربة وجدران منازلنا، فإن مفاعلنا وهو الشــمس غير معزول عنا عدا طبقة نحيفة من الهواء التي تفصلنا عن الفضاء. وسريعا ما نكتشف كم أن حمايتنا ضعيفة عندما نجلس في الصيف تحت أشــعة الشــمس لفترة طويلة ونعاني من الحروق الإشعاعية. إن هواء الغواصة منظم جيدا كما هو حال الغلاف الجوي الذي نستنشــقه على ســطح الأرض، وأيضا فإن إمــدادات المياه معادة وموثوقة. وفي كتيب التشــغيل لضابط التحكم تحذير ألا يســمح لتركيز الأكسجين بأن يتجاوز الـ 21 في المائة أبدا، فهــذا ليس في مصلحة صحة البحارة فقط، ولكن لأن خطر الحريق

يتضاعف تقريبا لكل 1 في المائة زيادة في تركيز الأكسجين في الهواء، والحريق مميت في الغواصة. ويحتاج غاز ثاني أكسيد الكربون أيضا إلى ضبط لأن البحارة يزفرونه دوما، ولأن زيادته تجعل الاستنشاق صعبا، تخيل فقط الخطورة التي تنجم لو استخدم الوقود الأحفوري داخل الغواصة. ومثل الغواصة، نتمتع بمورد ثابت وموثوق من مفاعلنا النووي الموجود في السماء، بينما تنظم غايا إمداداتنا بالهواء والماء. ولا يشك أحد في أن الغواصة محدودة بالنسبة للسكان الذين يمكنها أن تستوعبهم فلماذا علينا تصور أن الأرض تستوعب عددا غير محدود من الناس؟

إن مشاكلنا الآن شبيهة بشكل عجيب بمشاكل بحارة تعساء في غواصة غارقة في الأعماق لا يمكن إنقاذها، ولكن يوجد فيها بعض علب النجاة التي يمكن للبعض أن يطفو بها بأمان إلى سطح المحيط. كم هي شبيهة بالأرض التي تفيض الآن بسكانها بحيث إن نسبة قليلة فقط ستصل إلى الأرض المتبقية القابلة للسكنى. أعتقد أن هذا هو وضعنا الحالي ولكن على الرغم من سوئه فإنه يعطي الفرصة لنوعنا أن يبقى على قيد الحياة.

ليس الخطر الأكبر الذي يسببه الاحترار العالمي هو المفاجآت المثيرة لحوادث الطقس غير المسبوقة مثل العواصف وفيضانات مياه الأمطار العنيفة أو حتى الحرارة التي لا تطاق. إن الخطر يأتي من جفاف طويل ومستمر. وبحسب التنبؤات (تقرير مجموعة العمل الثانية في الـ IPCC للعام 2007) فإن أجزاء عدة من العالم ستشهد عوزا في الماء بحلول العام 2030، وستمتد الظروف الصحراوية التي تشهدها أستراليا وأفريقيا إلى جنوب أوروبا. وستسقط أمطار شديدة لكن عندما تكون درجة الحرارة أعلى من منتصف السبعينيات فهرنهايت فإنها لن تفيد كثيرا. وستستمر زيادة الحرارة وتحطيم النظم البيئية للغابات لتأمين المزارع، وسيعجل هذا من تحول الغابات المطرية إلى أحراش وصحارى. ومادام هناك فائض من الطاقة فيمكن تحمل الحرارة شخصيا باستخدام تقانة التكييف، وبالفعل لن تكون الظروف

في مدن المناطق الحارة أسوأ بكثير من تلك في بغداد وأليس سبرنغس أو فينيكس الآن. إن الموت يأتي من الجفاف عندما لا يتوافر الماء أو الغذاء من المحاصيل.

وعندما ننظر إلى التنبؤات المستقبلية للمناخ نرى أن معظم المناطق القارية ستصبح جرداء بسبب الجفاف. وسيكون لهذا نتائج مدمرة بالنسبة للدول كثيفة السكان حاليا مثل الصين، والهند، وأجزاء من أفريقيا. إن الحياة على الأرض تعتمد كلية على المياه التي تشكل ثلاثة أرباع وزن أشكال الحياة كلها تقريبا. وبدون إمداداته الوفيرة لن تنمو المحاصيل الغذائية وستكون سقاية الأراضي التي تروى الآن بمياه الأمطار كلها مهمة مستحيلة. وستكون هناك مناطق أصغر بكثير حيث يتم هذا، وستكون هذه المناطق أماكن لجوء مثل الحضارات القديمة على النيل والفرات.

وبالتأكيد لا يعني هذا أنه ليس هناك ما يمكننا عمله. علينا ألا نجلس وننتظر الإنقاذ كما فعل أولئك التعساء الذين بقوا، من دون تعليمات في مكاتبهم في برجي مبنى التجارة في الحادي عشر من سبتمبر العام 2011، يمكننا أن ننتقل إلى المناطق الآمنة. بالطبع سوف نعاند ونستمر في إنكار الاحترار العالمي ونحاول إيهام أنفسنا بأنه ليست هناك حاجة ملحة للانتقال، ولكن السرعة المتزايدة لذوبان الجليد القطبي وارتفاع مستوى سطح البحر والمناطق المناخية تحذرنا بأن نظام الأرض قد تحرك منذ زمن وأن علينا أن نتحرك سريعا. والأكثر من ذلك فإن التأثيرات الإيجابية الراجعة الملحوظة للاحترار تجعل من غير المحتمل التباطؤ أو التوقف قبل الوصول إلى المرحلة المستقرة التالية. وقد يمكننا من خلال الهندسة الجيولوجية تحسين بعض النتائج الأولية للاحترار، لكنني أشك كثيرا في أن لدينا الحكمة أو الذكاء لعكسه. ومثل متزلج يتسبب بالصدفة في انهيار ثلجي، فهناك القليل الذي يمكننا فعله لإيقاف مسيرته المدمرة.

لذا، فهل ستكون جهودنا كلها لنصبح حياديين بالنسبة للكربون، وأن نلبس الخف وقميص الوبر ونتبع الخضر المتشددين، بلا جدوى؟ هل نستطيع العودة إلى صيغة «العمل كالمعتاد» لفترة ونكون سعداء ما

بقيت؟ نستطيع ذلك، لكن ليس لفترة طويلة. وعدا عن فترة انقطاع محظوظة من النوع الطبيعي أو المهندس جيولوجيا، يمكن للأرض في عقود قليلة أن تتوقف عن أن تكون صالحة لسكن الـ 7 مليارات من البشر، وسوف تنقذ نفسها بقتل الجميع عدا القليل من أولئك الذين سيعيشون فيما سيصبح مناطق قاحلة. وسوف يكون لأولئك الذين يغادرون إلى مناطق أبرد لم تزل خصبة، فرصة أفضل للبقاء. وإذا أنقذ عدد كاف منا بهذه الطريقة فسيكون ذلك مقيدا لغايا أيضا. ويبدو أنه من الممكن لعدد منا أن يبقى على قيد الحياة ليضمن استمرار نوعنا، ولكن هناك حاجة ملحة تقلل من قدرة الأرض على الحمل أكثر وهي متطلبات غايا نفسها. فهناك متطلبات للبقاء أكثر من احتياجات البشر فقط. وتحتاج غايا من أجل الحفاظ على المناخ وتركيب الأرض إلى الأنظمة البيئية، والغابات، والنباتات الأخرى على الأرض، والطحالب في المحيطات لدعم الحياة. وإلا فسينتقل كوكبنا بإصرار إلى حالة الاستقرار الحارة جدا والقاحلة تماما، وسيكون في النهاية وسطا بين حالة المريخ والزهرة.

ما هو أكيد هو واجبنا في البقاء على قيد الحياة، لذا يجب أن تتجه أكبر جهودنا إلى تعلم كيف نعيش بأفضل صورة ممكنة على الأرض الحارة التي ستتناقص رقعتها قريبا. ونحن في بريطانيا نعيش في أحد الملاجئ الآمنة حيث يمكن للحياة أن تستمر في عصر الحرارة. ومن بعض النواحي يشبه سكان بريطانيا ركاب سفينة تحولت لتأخذ لاجئين هربوا من أراض أصابها الجفاف. وبالنسبة للاجئين فنحن قارب نجاتهم، لكن على قبطان السفينة وملاحيها أن يقرروا العدد الذين يمكنهم أخذه، من يمكنه الصعود إلى السفينة ومن سيبقى ليتحمل فرصه؟ تقترح العدالة أن يكون هناك سحب يانصيب، لكن التفكير السليم يستبعد مثل هذا الاختيار البسيط. وعلى المرضى والمقعدين والشيوخ أن يبقوا، وأن يأخذوا فرصهم مع الركاب الذين دعوا لمساعدتهم. وعلى السفن فمن المعتاد أن يكون الأطفال والنساء أولا،

ولكن هناك حاجة إلى بعض الرجال، ماذا ستكون النسبة الصحيحة بين الجنسين؟ أعتقد أنها لن تكون بعيدة عن المساواة لأن هذه هي النسبة التي اختارها الانتقاء الطبيعي.

ليس هناك رقم بسيط لاستطاعة الأرض على الحمل بالنسبة للبشر. فهي تعتمد على الطريقة التي يعيش بها الناس. هل هم نباتيون أم آكلو لحوم؟ هل يزرعون وبالتالي يزيحون الأنظمة البيئية؟ هل هم صناعيون، وبالتالي ما تأثير صناعاتهم؟ وبالإضافة إلى هذه الخصائص البشرية، فإن الأرض نفسها ليست ثابتة. فالعدد الذي يمكنها تحمله يختلف مع حالتها. فلو كانت صحراء بشكل رئيس فسيكون العدد صغيرا، ولو كانت مروية جيدا وخصبة بالمغذيات فسيكون العدد في الميل المربع يعادل ما هو موجود في بنغلادش. ولو كنا صيادين وآكلي لحوم من النوع الأول فمن غير المحتمل أن تتحمل الأرض ولو كانت خصبة أكثر من 10 ملايين منا. ولو كنا لاقطي ثمار ونباتيين بشكل خاص فيمكنها أن تتحمل 100 مليون أو أكثر. وبوجود العلم والتقانة، فإن العدد غير موزون، وقد برهنا على أنه من الممكن حمل 10 مليارات لفترة قصيرة. لكن كم سيكون العدد على أرض أحر بسبع درجات من الآن؟ ربما سيكون بحدود 100 مليون لو انخفضت استطاعة حمل سطح الأرض الحار إلى 10 في المائة مما لدينا الآن. كل ما يمكننا قوله بشكل مفيد عن استطاعة الأرض على الحمل بالنسبة إلى البشر هو أنها تتغير بسرعة.

الشيء الطبيعي الوحيد في مصلحتنا هو أن المحيطات تغطي أكثر من 70 في المائة من الأرض، وستزداد هذه النسبة مع ارتفاع مستوى سطح البحر، وإلا فستسخن الأرض بشكل أسرع، لكن المحيط الحار لسوء الحظ أقل إنتاجية من البارد. وعلينا أن نركز على تشجيع الأنظمة البيئية في المحيطات آخذين في الاعتبار بشكل رئيس تنظيم مناخ الأرض على الرغم من أن بعض الغذاء والوقود سيكونان منتجا ثانويا. وبالنظر إلى العالم مرة أخرى بعد عقدين أو ثلاثة، نرى أن المساحات الأوسع من الأرض القابلة للسكنى توجد في المناطق المعتدلة والقطبية

في الشمال والجنوب - في باتاغونيا، وجنوبي تشيلي، وكندا، وسيبيريا، وألاسكا، وشمال أوروبا بما في ذلك إسكندنافيا وشواطئ المحيطات الغربية - إضافة إلى جزر مثل الجزر البريطانية ونيوزيلندا وتازمانيا، وجزر عدة أصغر موزعة عبر المحيطات. ولا نعلم إلى الآن فيما إذا كانت ستصبح حارة جدا وجافة لإنتاج المحاصيل. السجل الجيولوجي للفترة الحارة الأخيرة منذ 55 مليون سنة يقترح أن حوض القطب الشمالي كان استوائيا في درجة حرارته وأن النباتات كانت كثيفة فيه. ولن تكون بقية القارات قاحلة بالكامل، وستكون هناك واحات ومجاري أنهار ستظل تروى بشكل جيد لنمو النباتات.

ويمكن لأي محاولة من قبل الحضارة الباقية على قيد الحياة للاستثمار في زراعة الأراضي التي يجب أن تبقى غابات طبيعية، أو لحرق الوقود الأحفوري، أن تقود إلى كارثة، لكن الإغراء سيكون كبيرا لأن القطب الشمالي يحتوي كميات هائلة من النفط والغاز والفحم الحجري. ولو استخدمنا هذه الموارد كما نستخدمها الآن فقد نصبح جلادي أنفسنا ونسبب الموت لغايا أيضا. وستترك الأرض في هذه الحالة حارة وقاحلة من دون حياة عدا بعض الأحياء المحبة للحرارة: غلاف حيوي مشتت جدا ليسمح بكون ينظم ذاته.

أفترض للوقت الحاضر أن درجة حرارة الأرض سترتفع خلال هذا القرن بالشدة ذاتها على الأقل كمتوسط المجال الذي تتوقعه الـ IPCC، وأن نتيجتها الفيزيائية المباشرة، ارتفاع مستوى سطح البحر، سيتقدم كما كان منذ العام 1990 بضعف السرعة المتوقعة. لا شيء مؤكد، وعلي أن أقبل أنه قد لا يحدث أي من هذا. وبدلا من ذلك قد يعمل واحد أو أكثر من الاقتراحات العديدة لهندسة الأرض جيولوجيا وإيقاف الاحترار العالمي، أو قد يتدخل حادث طبيعي ما، مثل سلسلة من الانفجارات البركانية الضخمة، أو أن النماذج التي تتنبأ بالمناخ هي أكثر خطأ مما اعتقدت. وسيكون التناقض الأفضل من هذا كله اكتشاف أن الفكرة التي وصفها يوهانس ليهمان في نيتشر العام 2007 قد سمحت لنا بأخذ كميات ضخمة من ثاني أكسيد الكربون من الهواء لصنع الفحم

النباتي ومن ثم طمره في التربة. لقد شرحت هذا بتفصيل أوسع في الفصل الخامس وأعتقد أن له فرصة لوقف الاحترار العالمي. لكن مع قولي هذا، ومعرفة رغبتنا العنيدة في الاستمرار بالعمل كالمعتاد، أشك في أنه لو جرب فسيتم إلى درجة تكفي لتحقيق المأمول منه. فنحن غالبا ما تتسى نوايانا الطيبة كالوعود غير المقروءة التي نقر بها بنقر فأرة الحاسوب عند نهاية تصريح قانوني طويل غير مقروء يظهر على الشاشة مع كل برنامج حاسوبي نشتريه. وسأتابع الكتابة مفترضا أنك نقرت على المفتاح ووافقت أيضا.

ولفهم القليل مما سيكون أمامنا سأركز على الجزر التي أعيش فيها لأنها توفر تاريخا ومثالا لاستجابة الإنسان للتهديد الذي، على الرغم من أنه كان أقل شدة بكثير من الاحترار العالمي، كان كافيا لجعل البقاء أمرا ضروريا. كان هذا بالنسبة إلى هذه الجزر هو الحرب العالمية الثانية العام 1939، والتي كانت بالتأكيد خطرا أكيدا لتحريض الاستجابة التي نريدها الآن. ودعني أخبركم كيف اختبرت شخصيا بدايتها عندما كنت في العشرين من العمر.

يمتد الطريق على حافة حقول القمح المحصودة منذ وقت قريب لمحاصيلها، ويمضي بين تشيلسفيلد وأوربنغتون على بعد 14 ميلا إلى الجنوب الشرقي من مركز لندن. وبينما كنت أسير فيه في سبتمبر العام 1939 كانت ضواحي لندن قد امتدت إلى الريف. بدت الحقول تعبة كما لو كانت على وشك الكف عن اللعب والاعتزال إلى الأبد تحت محصول دائم من البيوت المعزولة جزئيا، والموزعة من ملاكها الجدد، المطورين. لكن جزعي على تخريب مقاطعة «كنت» الريفية تأثر بصورة فجة عندما امتلأ الهواء فجأة ولدهشتي بصوت صافرات الإنذار التي تحذر من غارة جوية. تابعت المسير متسائلا إن كانت السماء ستمتلئ بعد وقت قريب بالقاذفات لكن صافرات الإنذار أشارت فجأة إلى نهاية الإنذار. وبذا تكون الحرب العالمية الثانية قد بدأت بإنذار كاذب، وفي الحقيقة فبالنسبة إلى الحرب لم يحدث الشيء الكثير على الأراضي البريطانية إلا بعد مضي تسعة أشهر

أخرى. ويبدو أن هناك تشابها قريبا بين الحوادث ومشاعرنا في ذلك الوقت وبينها الآن. لم أكن نموذجا لرجل الشارع العادي، لكنني كنت قريبا من ذلك، شاب يمشي على درب وهو متأكد تماما أن الحرب الحقيقية ستبدأ قريبا، على الرغم من أنه لازال هناك منكرون لذلك من بينهم خبراء وسياسيون.

وبعد سبعين عاما تشعرني الأحداث التي تجري الآن في مناطق نائية، مثل ذوبان جليد القطب الشمالي، وانهيار صفائح الجليد في قارة القطب الجنوبي، والجفاف والمجاعات التي تجتاح أفريقيا والعاصفة الاستوائية الهوجاء، من حين إلى آخر بالقلق ذاته الذي أشعرتني به الحرب في إسبانيا واقتحام بوهيميا في ثلاثينيات القرن الماضي. وأشعر بطريقة ما بأن دورنا سيحين قريبا، لكنني أستمر في عملي ومتعتي كالمعتاد، وربما أضع سخانا شمسيا على سطح المنزل، كما حفرنا خنادق الوقاية من الغارات الجوية في حدائقنا في ذلك الوقت. قام والدي في العام 1938، على الرغم من أنه كان متقاعدا وفي أواخر الستينيات من العمر، بحفر ملجأ كبير بعمق أربعين قدما تحت الحديقة وبنى غرفة من الإسمنت تحت المنزل ومداخل على طرفي البيت. بدأ الحفر العام 1938 وأنهى المهمة قبل أن تبدأ الحرب. كم هو غريب أنه عندما تهددنا الحرب يحضر الناس بصورة غريزية للأسوأ، وغالبا بإجراءات لا فائدة منها، بينما يحضر ممثلونا المنتخبون وموظفونا الذين يساعدونهم بدلا من ذلك للحرب السابقة ببناء السفن الحربية وتشييد التحصينات مثل خط ماجينو (*).

تساعد غايا أولئك الذين يساعدون أنفسهم. لم يكن كافيا العام 1939 أن تحفر ملجأ خاصا ضد الغارات الجوية، ولا يكفي الآن أن تركع وتقوم بإشارات صغيرة صديقة للبيئة، ولا أن تضع توربينات الرياح وألواح الطاقة الشمسية على سطح البيت لتعويض إمدادات الطاقة، ولا أن تعقد اللقاءات أمام ذلك الرمز الديني العظيم الدوار،

(*) خط من التحصينات الدفاعية التي بنيت قبل الحرب العالمية الثانية لحماية حدود فرنسا الشرقية، بيد أنه فشل فشلا ذريعا، إذ تمكن الغزاة الألمان من تجاوزه بسهولة. والاسم نسبة إلى أندريه ماجينو وزير الحرب الفرنسي آنذاك [المحررة].

تلك التوربينة الريحية البيضاء العملاقة، وأن تتشـــد الأهازيج حول خـــلاص العالم. ليس من الواجـــب أن نحافظ على بقائنا فقط ولكن يجب أن نبقى متحضرين أيضا، وألا ننحدر إلى حكم العصابات حيث يقـــدم زعماء العصابات أنفســـهم على أنهم أمـــراء حرب. ومن أجل هـــذا علينـــا أن نتخذ إجراء محليا فعالا الآن. وفوق كل شـــيء علينا أن نؤمـــن إمداداتنا من الغذاء واللبـــاس، وإذا تابعنا حياة المدن، من الطاقـــة أيضا. إن هذه الجزر على الرغم من أنها من المناطق القليلة في العالـم الأقـل تأثـرا بالاحتـرار العالـمي، هي في الوقت ذاته بين الأقل وفرة بالغـــذاء والطاقة. لقد اعتدنا فـــي بريطانيا على إمداد وفيـــر من الغذاء من الخارج بحيث نســـينا أننا تعرضنـــا للمجاعـــة تقريبـــا في الحرب العالميـــة الثانية، عندما كانت إمـــدادات الغذاء نـــادرة. لدينا مصادر محلية مـــن الوقود لكنـها تتناقـــص بســـرعـــة. وتتنافـــس الأراضي المتاحة للزراعة مع بناء المســـاكن والصناعة، وما لـــم نتصـــرف بسرعة فإن المزيد منها سيتعطل مع زيادة الأعداد التي تقطن بلدنا الصغير باستمرار.

إن الولايـــات المتحدة وكندا أقل تعرضا لعواقـــب التغير المناخي من معظـــم دول العالم. ويعود ذلك إلى أنهما أقل كثافة بالســـكان نســـبيا، حيث تبلغ كثافة السكان فيهما 12 في المائة فقط من كثافتها في أوروبا، ولديهمـــا إمدادات محلية غير محدودة تقريبـــا من الطاقة، إذا أدخلت الطاقة الشمسية الحرارية في الحسبان. وهناك أيضا الأراضي الباردة في الشمال التي يمكن لكثير من الناس أن ينتقل إليها إذا أصبح الجنوب غير قابل للسكن.

وكمـــا حصل في أربعينيات القرن الماضي حيث تخلى ســـكان الدول الأغنى في العالم بشـــكل كبير عن نمط الحياة الهانئ في زمن الســـلم، فقد يشعرون قريبا جدا بالغنى بربع ما يستهلكونه الآن فقط. وإذا فعلوا ذلك بشكل صحيح وبحماس فلن تبدو المرحلة فترة بائسة من الحرمان، ولكنها ستبدو كما كانت في الأربعينيات فرصة لإنقاذ أنفسهم. وبالنسبة إلى الشباب ســـتكون الحياة حافلة بالفرص للخدمة والإبداع، وسيكون

لهم هدف للعيش من أجله. وستكون أقسى بكثير بالنسبة إلى كبار السن ولكنها لن تكون كئيبة. ومهما حدث فستكون حياتهم تغييرا مهما عن تفاهات حياة المدينة الآن.

لقد استرجعت ذكرياتي عن المملكة المتحدة منذ سبعين عاما تقريبا. ولن يقدم المشاركون الآخرون في الحرب العالمية الثانية في ألمانيا وروسيا دليلا جيدا كهذا، لأن دورة الانتصارات والهزائم بالنسبة إليهم أثرت بشكل عميق في مقدار تحكمهم في مصيرهم. بالتأكيد تحملت الدول المحتلة في أوروبا الشدة والعوز، لكنها لم تكن بأي حال سيدة نفسها، وبالتالي فهي لا تقدم مقارنة جيدة بين ذلك الوقت والآن. كانت الولايات المتحدة بالطبع متورطة بعمق، لكن الحوادث والعوز في داخلها كانا أقل ولمدة أقصر. وربما كانت اليابان هي الأقرب لتجربة المملكة المتحدة، وسيكون من المفيد الحصول على مقارنة للحياة فيها في أثناء الحرب والآن.

لذا دعنا نحاول تصور ما ستكون عليه الحياة بالنسبة إلى عائلة عادية تعيش في مدينة ألباني، التي تبعد نحو 150 ميلا عن نيويورك، العام 2030. افترض أن نماذج الـ IPCC تتنبأ بمسار الأحداث كما هو موضح في الشكل «3-1»، لكن اعتبر أنها قد تكون أقل تقديرا. إن ارتفاع درجة الحرارة المتنبأ به هو 3 درجات، وارتفاع مستوى سطح البحر 4.5 بوصة. لن تلحظ هذه العائلة أي تغير، وعلى الأخص أنه كان لديها 20 عاما لتتأقلم. في الحرب هناك فترات هادئة طويلة ثم عنف مفاجئ ورعب، وقد يكون هذا هو الحال بالنسبة إلى التغير المناخي. ربما فاض نهر هدسون بشكل خطير في فترات قليلة من هطول الأمطار الشديد، لكن البحر لم يطغ على الوادي حتى الآن على شكل مد خليجي. وستكون الأشياء الأكثر ملاحظة هي الركود والعوز وثمن الغذاء والطاقة. ولو فشلت أمريكا في التخلي عن ولعها بالطاقة المتجددة وفي التزود بالإمدادات الكافية من الطاقة النووية والشمسية الحرارية، فستكون الكهرباء مكلفة بشكل مدمر وماكر، وسيتوطن انقطاع التيار الكهربائي، وستشكو العائلة، لكنها ستتدبر

أمرهـــا بطريقة مـــا. لكن معظـــم العالم، بما في ذلـــك الولايات في الغرب الأوســط من أمريكا، ســتتحول إلى منطقة مهجورة وصحراء وجفـــاف، وستســيطر المجاعة علـــى الأرض التي كانـــت فيما مضى خصبة. وســتصبح حـــرارة الصيف لا تطاق على الرغم من انتشـــار أجهزة التكييف. وســينخفض إنتـــاج العالم من الغـــذاء لأن الحرارة والجفاف يجعلان نموه أصعب بكثير. وســتخفف المشـــاريع الضخمة للري باســتخدام تحلية مياه البحر بعض الخسارة، ولكن بتكلفة كبيرة من الطاقة. وسيستمر تدفق لاجئي المناخ حيث يستقر عدد كبير منهم في معسكرات ضخمة ربما بالقرب من تجمعات مماثلة لهم عرقيا من مهاجرين سابقين.

افتـــرض أن هذه هي الصورة الصحيحة تقريبا لمســـار الأحداث لو تركناهـــا تحدث. لكن ماذا لـــو أدركنا في وقت ما في الســـنين القليلة المقبلـــة، كما فعلنا في الأربعينيات، أنه يجب وقف الديموقراطية مؤقتا، وأن علينا أن نقبل نظاما صارما يرى بلدنا على أنه ملاذ شـــرعي، لكنه محـــدود، للحضارة. ربما أكرهنا على ذلـــك بحوادث طقس عنيفة مثل سلسلة من الأعاصير بشدة إعصار كاترينا. وربما كان هذا كافيا ليجلب إلى المقدمة زعيما يهيج خطابه الأمة لبذل الجهد اللازم للتكيف بشكل صحيح مع التغير، بدلا من مجرد ترقيع المشاكل بطريقة غير مترابطة. إن البقاء المنظم يتطلب درجة غير عادية من الفهم الإنســـاني والقيادة، وربمـــا يتطلب - كما في الحرب - تعليق الحكومة الديموقراطية طيلة حالـــة البقاء الطارئـــة. إن القيادة الصالحة ضرورية، وربما ســـيصعد الرئيس أوباما ليملأ هذا الدور ويلهم زعماء الشـــعوب الأخرى ليقوموا بالشيء نفسه.

أظـــن أن عمـــلا فعـــالا للحفاظ علـــى مجتمعات ناجيـــة يأتي من التجانـــس الوطنـــي الداخلي، ومن زعامة نادرة وليـــس من نوايا دولية طيبة. وبالحظ الحسن سيطبق الشيء ذاته في أماكن أخرى من العالم. وســـيكون هناك وقت كاف للعالمية خلال فترة اســـتقرار العصر الحار الطويل. ليس لدينا خيار سوى أن نستغل الأفضل من التجانس الوطني

ونقبل أن الحرب وأمراء الحرب هم جزء منه. وبالنسبة إلى ملاجئ على شكل جزر فإن وجود قوة دفاع فعالة ضروري، كما هي حال أنظمة المناعة لدينا. وسواء أحببت ذلك أو لا، فقد نضطر إلى زيادة حجم قواتنا المسلحة والإنفاق عليها. وربما سيكون الجيل الثاني من العلماء والمهندسين أكفاء، وسيخدمون الأرض كما يخدمنا الأطباء العامون في مجال الطب. وفي أيام الحرب دربت الكلاب القديمة بسرعة على حيل جديدة. وستسيطر الكوارث البيئية الحقيقية على المواضيع السياسية وتزيح العديد من الأفكار الخاطئة التي تعيق التغيير. وكما في الحرب، يمكن أن يكون هناك تطبيق سريع لتقانة حديثة لحل مشاكل المناخ والبقاء. إنني آمل أن تعمل، ولكنني لا أعتقد أن البشر - كنوع - أذكياء بما يكفي لمعالجة الأزمة البيئية المقبلة، وأخشى أنهم سينفقون جهودهم في محاولة الحد من الاحترار العالمي، بدلا من محاولة التأقلم والبقاء في عالم حار جديد. لذا دعنا نبرهن على أن غاريت هاردن على خطأ عندما صرح بتشاؤم العام 1968 بأن ظروفنا مأساوية حقا، لأنه في المأساة ليس هناك مهرب. يمكننا أن نبرهن على أنه على خطأ بالاستمرار في البقاء.

لأنني طاعن في السن، أفكر غالبا في غايا كما لو كانت سيدة عجوز في مثل عمري. يمكنني مسبقا أن أسمع زملاء بيكسنيفيين يتذمرون(*)، «ها أنت تفعلها مرة أخرى - تؤنسن الأرض - وتتحدث عنها كما لو كانت كائنا حيا»، لكنني أقول لهم «لو لم تكن حية فكيف تموت إذن؟ وستموت حتما عندما تصبح حرارة الشمس أقوى من القدرة على التحمل». ويرى البعض منا ممن فكروا في الأمر أن فترة حياتها تمتد إلى أقل من 500 مليون سنة من الآن. يبدو هذا طويلا ولكن بما أنها الآن في عمر 3.5 مليار سنة فقد عاشت مسبقا نحو 88 في المائة من عمرها. ولو تمكنت أن أعيش إلى سن المائة عام، فإنني وأنا في سن التاسعة والثمانين الذي أكتب فيه في سن غايا النسبي.

(*) Pecksniffion: بمعنى منافق أو متزلف، نسبة إلى سيث بيكسنيف، إحدى شخصيات رواية «مارتين تشزلويت» (1843) لتشارلز ديكنز [المحررة].

يمكن أن تأتي نهايتي بسهولة من النتيجة المأساوية لمرض كالإنفلونزا الــذي كان لا يعنـــي أكثر من الامتناع عن العمل لعـــدة أيام عندما كنت شابا. وهذا هو الأمر بالنسبة إلى غايا: بالنسبة إليها فإنها مهددة دوما بصواريخ كونية على شـــكل مذنبات أو كويكبات. لقد صدم آخر كويكب منها الأرض منذ 65 مليون عام وســـبب خرابا مدمرا. ولو ضرب واحد منها الأرض عندما يبلغ عمرها 4 مليارات ســـنة، فستكون هذه الضربة مع الحرارة الزائدة من الشمس أكبر من قدرتها على التحمل، وسينتهي النظـــام العظيم الذي حافظ على تيار الحياة الرئيس على الأرض أكثر من ربع عمر الكون. وبالطبع كما هي الحال بالنســـبة إلى جثتي عندما أموت، ستستمر البكتريا والخلايا في الحياة فترة قصيرة، لكن الكوكب الميت لن يتمكن من الحفاظ على بيئة مناسبة للحياة.

إنني سعيد لأنني لا أملك أي فكرة عن نهايتي، ولذا كل ما يمكن أن يقال بالنســـبة إلى غايا الآن هـــو أن الكواكب الهرمة، كالناس الهرمين، معرضة للموت بســـبب أمراض يمكن للشباب الأقوياء أن يتغلبوا عليها. إن مهمتنا - كنوع ذكي - هي المحافظة على بقائنا، ولو أمكننا أن نتطور بحيث نصبح ذكاء متكاملا ضمن غايا فإن في إمكاننا عندها البقاء معا لفترة أطول.



4

مصادر الطاقة والغذاء

«إننا نفشل في الترحيب بالطاقة النووية على أنها مصدر الطاقة الجيد والموثوق به، لأننا ضُلِّلنا سابقا بشكل خطير بسلسلة من الأكاذيب»

المؤلف

ظهر تغيران مهمان في مصادرنا من الطاقة في المستقبل بعد بدء تأليف هذا الكتاب العام 2008. كان التغير هو فكرة الجمهور العام حول الطاقة النووية والإدراك أن الطاقة الشمسية الحرارية هي أفضل خيارات الطاقات «المتجددة» للمستقبل. وحتى يبدو أنه من الممكن باستخدامهما معا أن نخفض بشدة من اعتمادنا على الوقود الأحفوري على الرغم من أن الجزء الأكبر من الطاقة التي نستخدمها ستظل من حرق الوقود الأحفوري لعقد من السنين من الآن على الأقل، وهذا محتم لأسباب عملية وسياسية لأن استبدال مصدر طاقي على المستوى العالمي يستغرق عقدا على

الأقل حتى مع الدعم، ومن غير المحتمل أن يكون هناك تناقص ملحوظ في استخدام الوقود الأحفوري قبل أن يترسخ هذان البديلان. وليس فقط لأن محطات الطاقة تحتاج إلى وقت لاستبدالها، لكن أيضا لأن خطوط نقل التيار لمسافات بعيدة تحتاج إلى تركيب بالنسبة إلى الطاقة الشمسية الحرارية القادمة إلى أوروبا من جنوب إسبانيا أو الصحارى. وفي الولايات المتحدة حيث توجد مساحات شاسعة من الصحارى المشمسة في الولايات الجنوبية، فإن الطاقة الشمسية الحرارية أكثر جاذبية. ومن الصعب أيضا استبدال بعض خصائص استخدام الوقود الأحفوري، وعلى سبيل المثال يقدم الوقود السائل والغاز بضغط منخفض تدفقات كبيرة من الطاقة في وقت قصير جدا. فعندما تسحب عشرة غالونات من الوقود إلى خزان سيارتك فإن الـ 60 ثانية التي يستغرقها تدفق الوقود تعادل الإنتاج الكامل لمحطة طاقة باستطاعة 25 ميغاواط، ولا يمكن شحن أي بطارية أو مكثفة فائقة بمثل هذه السرعة، كما لا يمكننا إلى الآن تخيل طائرة ركاب لمسافات طويلة مدفوعة بالبطاريات. من الصحيح أنه يمكن تخليق الوقود السائل من غاز ثاني أكسيد الكربون باستخدام الكهرباء من الطاقة النووية أو الشمسية، ولكن يجب الانتظار لتصبح مصادر الطاقة هذه راسخة جيدا.

وعند مقارنة مصادر الطاقة يفترض عادة أنها تستخدم لإنتاج الكهرباء. ويتجاهل هذا الأمر الاستخدام المعتبر لطاقة الوقود الأحفوري في الصناعة والتدفئة في الشتاء. وحاليا فإن مصادر الطاقة الرئيسة هي: استهلاك الوقود الأحفوري والطاقة النووية والطاقة من المياه المتدفقة. ولم يؤثر أي من مصادر «الطاقة المتجددة» المحبوبة إلى الآن بشكل مهم في الموارد، ومن هذه لا توجد فرصة سوى للطاقة الشمسية لتقدم الطاقة في الوقت المناسب لتعديل التغير المناخي. هناك أمل كبير في طاقة الأمواج والمد والجزر، لكن من غير المحتمل أن تقدم المطلوب خلال العقدين القادمين. وفي بعض المناطق، مثل سهول الوسط الغربي للولايات المتحدة، ربما تصبح طاقة الرياح مصدرا ثانويا لكنه معتبر، كما يمكن أن يتم ذلك في أماكن تهب فيها الرياح التجارية بشكل دائم.

في الوقت الحاضر يعيق تقطع الإمداد طاقة الرياح، لكن هذه العقبة ستكون أقل لو استخدمت الطاقة لتحلية الماء من البحر واستخدامه للري ولضخ الماء من أراض مغمورة بالمياه. وفي أوروبا هناك اندفاع لتركيب محطات ريحية ضخمة قريبة من الشاطئ. ومن الصعب تصور كيف يمكنها أن تولد كهرباء موثوقا فيها واقتصادية. أظن أن الاندفاع نحو طاقة الرياح مدفوع أكثر بدعم مؤسس عقائديا بدلا من التفكير العقلاني، ولو امتد الانكماش الاقتصادي القادم فستكون عبئا غير مرغوب فيه. وعلى جزرنا الصغيرة والمزدحمة، فإن طاقة الرياح ليست خيارا منطقيا على الإطلاق بسبب المساحات الهائلة اللازمة لجمع ولو كمية صغيرة متذبذبة من الكهرباء، لأن كل فدان من الأرض سيلزم عما قريب لإنتاج الغذاء وللاستمتاع بالحياة. يمكن للخلايا الفولطائية الشمسية البسيطة بالنسبة إلى الدول النامية أن تجمع أشعة الشمس خلال النهار وأن تخزنها على شكل كهرباء في بطاريات قابلة للشحن، وتزود الطاقة للإضاءة والاتصالات، ستغني مثل هذه التجهيزات ذات التكلفة المنخفضة حياة أولئك الذين يعيشون في مناطق استوائية. إن طاقة المد والجزر مجربة جيدا ولكنها محدودة لمواقع ملائمة مثل مصب سيفيرن في بريطانيا وخليج فاندي في شرقي كندا.

من السهل نظريا تحسين استخدامنا للطاقة بتجنب الهدر، لكن من الصعب عمليا فعل ذلك في أيام الوفرة، وليست هناك حتى الآن الإرادة لفعل ذلك. يمكن فعل الكثير لتقليل حرق الوقود الأحفوري لإنتاج الطاقة بتطويرات تقنية بسيطة، وآمل أن يشجع اقتصادنا المتناقص الحالي ذلك. لماذا على سبيل المثال استغرق وقت طويل لصانعي مصابيح الإنارة للتحول من مصابيح الشريط الحراري غير الكفؤ إلى الديودات المصدرة للضوء LED، أو لصانعي السيارات للتحول من وحوش شرهة للطاقة إلى سيارات صغيرة لكنها ملائمة أقل ابتلاعا للوقود بثلاث مرات أو أكثر. من السهل إلقاء اللوم على صانعي السيارات، لكننا نحن الذين نشتري منتجاتهم ونستخدمها نتشارك في نصف اللوم على الأقل. وكالعادة تفترض أوروبا وأمريكا

الشمالية أن المشكلة وحلها يقعان على عاتقها فقط، لكن في الحقيقة بدأ العالم النامي والمستهلكون الجدد في الهند والصين وقريبا في أمريكا الجنوبية بالسيطرة على إنتاج الطاقة واستخدامها. وبطريقة مماثلة ومضللة نفترض أن وجود الإنسان على الأرض هو المهم، ومع ذلك فعند اعتبار الطاقة واستخدامنا لها علينا ألا ننسى أبدا أن التدفق الطبيعي للطاقة وكتلك الغازات الرئيسة مثل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون من الغلاف الحيوي هي تقريبا أكبر بـ 20 مرة من إصداراتنا كلها وهي تتغير مع ارتفاع درجة حرارة الأرض.

نحن مشدوهون بالكربون، وعندما نتكلم ونفكر حول إساءتنا للأرض نركز بشكل كامل تقريبا على إصداراتنا من غازات الدفيئة من النقل والصناعة ومن التدفئة المنزلية والتكييف، ونحاول إقناع أنفسنا بأننا لو حسنا قليلا من بصمتنا الكربونية فسيكون كل شيء على ما يرام مرة أخرى، ويمكن للعمل أن يستمر كالمعتاد. وفي الحقيقة فإن أعدادا متزايدة من البشر تزيد أعداد قطعان الماشية ومساحة الأرض التي نستخدمها لأنفسنا. من الصحيح أن إصدارات العالم الكلية من المنازل والصناعة المقدرة بنحو 30 غيغاطن من ثاني أكسيد الكربون سنويا كبيرة جدا، لكن كذلك هي عواقب الأعداد الكبيرة من الناس المتزاحمين على الأرض مع الغابات الطبيعية في العالم.

الطاقة الشمسية

ترسل الشمس 1.35 كيلوواط من الطاقة لكل متر مربع من الأرض التي تسطع فوقها مباشرة. وتتلقى مساحة من الأرض الصحراوية في الجنوب الغربي من الولايات المتحدة بمساحة 10 آلاف كيلو متر مربع (3600 ميل مربع) طاقة شمسية وحرارة كافية لدفع مولدات بخار يمكنها أن تزود احتياجات الولايات المتحدة كلها من الكهرباء. وقد اعتبرت فكرة مماثلة من قبل الاتحاد الأوروبي باستخدام الصحراء الكبرى أو حتى جنوب إسبانيا كموقع لمحطات الطاقة الشمسية الحرارية.

ومن المهم التمييز بين الطريقتين الرئيستين لتحويل طاقة الإشعاع الشمسي إلى كهرباء - الخلايا الشمسية الفولطائية والطاقة الحرارية الشمسية. يمكن تحويل أشعة الشمس مباشرة إلى كهرباء عن طريق الخلايا الشمسية الفولطائية - أنصاف نواقل تمتص الضوء وتقدم تيارا كهربائيا للأسلاك الموصولة إلى الخلية، وهذه طريقة عملية مؤسسة جيدا لتزويد الكهرباء لمركبات الفضاء والأقمار الاصطناعية. إن المادة المستخدمة عادة هي السيليكون، إما على شكل بلورة وحيدة غالية الثمن للعنصر، أو بشكل أرخص ولكن أقل كفاءة على شكل سيليكون أمورفي غير متبلور. تتراوح كفاءة التحويل لإنتاج الكهرباء من أشعة الشمس بين 10 و20 في المائة. وفي السنوات القليلة السابقة جربت بدائل أكفأ من السيليكون. وهي مبنية عادة على بعض العناصر النادرة والغالية خصوصا الفاليوم، والانديوم، والسيلينيوم، والتيللوريوم، والزرنيخ، والكادميوم. بلغت الكفاءة الأعلى التي تم الوصول إليها نحو 30 في المائة، لكن في ظروف مخبرية فقط. وحديثا جربت أنصاف نواقل مصنوعة من مركبات كربونية بوليميرية. وحتى الآن فإن الخلايا الفولطائية الشمسية ليست مرشحا جديا اقتصاديا لتجهيزات ضخمة تؤمن حملا كهربائيا رئيسا، لكنها واعدة بتطور أكبر، ولها قيمة هائلة في الاستخدامات الصغيرة مثل شحن بطاريات الأجهزة المحمولة.

بالنسبة إلى الطاقة الشمسية الحرارية، تجمع أشعة الشمس التي تسقط من دون انقطاع على صحراء دائمة كإشعاع حراري وتستخدم لتوليد الكهرباء. وفي إحدى الطرق التي طورت لأول مرة في أستراليا تركز مجموعة من المرايا الطويلة المسطحة بسطوح محززة على أنبوب طويل معلق فوقها يعمل كغلاية أو مسخن فائق. ويستخدم البخار المولد مباشرة لدفع توربينات بخارية تقليدية. ويعدل غياب الإشعاع الشمسي في الليل باستخدام مجمعات بخار - اختراع من القرن التاسع عشر - تستطيع تخزين كمية كافية من الطاقة لتحافظ على تشغيل التوربينات لساعات بعد غياب الشمس (وصفت تفاصيل محطات

الطاقة الشمسـية هذه في مجلة العلـوم الأمريكية العام 2008). إن التطويرات التقنية الحديثة في الأسلاك القادرة على حمل كميات كبيرة مـن الكهرباء لآلاف الأميال تعني أنه يمكن وضع محطات الطاقة على مسافات أبعد من المسـتهلكين. وكمثال على ذلك فإن الطاقة الناتجة عـن محطتي طاقة نووية تتدفق الآن من فرنسـا إلـى بريطانيا عبر الأسـلاك التي تمتد فوق قاع القناة الإنجليزية. ويمكن لهذه الأسلاك أن تعمل بجهد يقرب من مليون فولط، وأن تسـتخدم التيار المسـتمر بدلا من التيار المتاوب المحمول من الأبراج للإمدادات الحالية. تكلف الأسلاك الرئيسة الجديدة نحو مليون دولار لكل ميل، وليس هذا كثيرا فـي إطار تزويد الطاقة على المجـال القاري. وعلى نقيض العديد من اقتراحـات الطاقة المتجددة فإن هذا المصدر من الطاقة ليس خياليا. فعناصره الرئيسـة موجودة منذ مدة ومجربة - تعمل محطات الطاقة الشمسـية النموذجية في أريزونا وتبدو الحسابات جيدة - دعنا نأمل أن يكـون هذا هو مصـدر الطاقة العملي الكبيـر التالي الذي يمكننا اسـتخدامه، لكن الكثير يعتمد على سرعة تطبيقه، ولو استغرق ذلك عشـرين سنة أو أكثر فسـيكون الوقت متأخرا جدا. في هذه الأثناء، فإن تناقص طاقة الوقود الأحفوري، وتصاعد طاقة الانشـطار النووي يمكن أن يملأ الفجوة.

الطاقة النووية

يجب أن نعتبر الطاقة النووية شيئا يمكن الحصول عليه خلال خمس سنوات، ويمكنه أن يكفينا خلال الأوقات العصيبة القادمة عندما يتغير المناخ ويحصل عوز في الغذاء والوقود وتغيرات كبيرة في السـكان. من السهل أن ننسى أن مصادر الطاقة البديلة الجديدة الواعدة مثل الطاقة الشمسـية الحرارية ليسـت متوافرة حتى الآن. إن الاعتراض الرئيس على بناء فوري لإمدادات الطاقة النووية هو تشريع غير ملائم وضع من قبل إدارات سابقة وخوف لا مبرر له.

هنـــاك الآن أكثر من 442 محطـــة طاقة نووية فـــي العالم تنتج مجتمعـــة 17 في المائة مـــن كل الكهرباء المســـتهلكة، بالمقارنة مع 2 في المائة من الطاقات المتجددة، ومعظمها كهرومائية. ويجعل ســـجل الأمـــان والتكلفـــة والقبول المحلـــي هذه المحطات الانشـــطارية أكثر مصادر الطاقة قبولا، فلماذا نســـتمر في الخطـــأ بالقول في العالم الأول إنها خطرة بامتياز؟

أعتقد أننا نفشـــل في الترحيب بالطاقة النووية على أنها مصدر الطاقة الجيد والموثوق به لأننا ضللنا مســـبقا بشـــكل خطير بسلسلة من الأكاذيـــب. لقد بني الخطأ على الخطأ، وكرر من دون تفكير من قبل وســـائل الإعـــلام حتى أصبح الاعتقاد في الشر الملازم لكل ما هو نـــووي جزءا من رد فعلنـــا الغريزي. وســـأعرض هنا بعض هذه الأكاذيب ودحضها:

تصـدر الطاقـة النوويـة كميات كبيـرة من ثاني أكسـيد الكربـون وبالتالي فهي ملوثة مثل حـرق الوقود الأحفوري.

هذا هـراء: فمحطة الطاقـــة النووية وهي تعمل لا تصدر ثاني أكسيد الكربون على الإطلاق. وتصدر كمية صغيرة في أثناء نقل الوقود إلى المحطة، وترحيل النفايات منها، وهذا مســـجل في الجدول «4-1» الذي يعطي إصدارات غـــاز ثاني أكســـيد الكربـــون بالرطل وزنا لكل ســـاعة/ميغاواط من الكهرباء.

ومقارنـــة مع الطرق الأخرى فمن النـــادر أن تكون الطاقة النووية وســـخة، ويتضمـــن الرقم المعطى الإصـــدارات جميعهـــا خلال فترة التشغيل بكاملها، آخذين في الاعتبار عمليات تعدين الخام ومعالجته وتفكيـــك المحطـــة والتخلص من النفايات. ولا يتضمـــن الرقم لطاقة الريـــاح الإنتاج الضخم من ثاني أكســـيد الكربـــون (825 رطلا لكل ســـاعة/ميغاواط) من المحطة الداعمة الضرورية عندما تكون الرياح قوية جدا أو ضعيفة جدا.

الجدول «1-4»

تقريـــر الوحدة الحكومية البريطانيـــة لدعم تقانة الطاقة حول إصدار ثاني أكســـيد الكربون بالرطل لكل ساعة ميغاواط من الطاقة الناتجة عن محطات الطاقة.

النووية	8.8
الرياح	17.6
محطات مائية كبيرة	17.6
محاصيل الطاقة	37.4
حرارة جوفية	173.8
خلايا فولطائية	292.6
غاز	946.0
ديزل	1698.0
نفط	1822.0
فحم حجري	2101.0

غالبـا مـا يقال إن النفايات النووية مميتة بشـــكل لا مثيل له وأنها تبقى لملايين الســـنين وتســـمم البيئـــة العالمية. إن أنـــواع التلوث مـــن العناصر الكيميائيـــة جميعهـــا تبقى، التلوث بالرصاص مـــن منجم أو فرن صهر أو مصنع حيث يصنع لأشـــياء للتجارة يبقى للأبد، والشـــيء نفســـه صحيح بالنســـبة إلى الزئبق والزرنيخ والكادميوم والثاليوم: فهذه العناصر السامة باقية معنا للأبد. إن الشـــيء المهم بالنســـبة إلى النفايات النووية هو أنها تتحلل. وخلال ستمائة عام تصبح النفايات ذات المستوى العالي الناتجة من محطة طاقة نووية ليســـت أكثر إشعاعا أو خطرا من خام اليورانيوم الذي أتـــت منه. والأهم من ذلك بكثيـــر هو أنه لا توجد كمية مهمة من النفايات لتبعث على القلق. فالإنتاج الســـنوي من النفايـــات من محطة طاقة نووية بقدرة ألف ميغاواط كاف لملء سيارة متوسطة الحجم.

قارن بين الكمية الصغيرة من النفايات النووية التي يمكن دفنها بسهولة بجبل بارتفاع ميل وبقطر 12 ميلا في القاعدة من ثاني أكسيد الكربون المجمد التي ينتجها العالم كل يوم. إن النفايات النووية مشكلة دفن ثانوية لكن فضلات ثاني أكسيد الكربون ستقتلنا جميعا لو تابعنا إصدارها.

يقول معارضو الطاقة النووية إن هناك عوزا في إمدادات اليورانيوم. لكن هذا مجرد هراء. فاليورانيوم ليس عنصرا نادرا، وحتى لو كانت كلفته مساوية للذهب فإن هذا لن يؤثر كثيرا في سعر الكهرباء المنتجة في محطة طاقة نووية حديثة.

والزعم الباطل الآخر هو الادعاء بأن الانبعاثات من محطات الطاقة النووية تمثل خطرا على الحياة والصحة. فالاشعاع النووي جزء طبيعي وعادي من بيئتنا. لقد نشأنا وأنواع الحياة جميعها معه. إن الانبعاثات التي نستنشقها من الصناعة النووية في العالم كله أقل بمئات المرات من غاز الرادون الذي نستنشقه كل يوم من أيام حياتنا. ويأتي الرادون بشكل طبيعي من الصخور والتربة.

هذه الأخطاء لن تكون مؤذية لولا أنها تنشر باستمرار وتضخم من فروع وسائط الإعلام جميعها. ويتم الكثير منها من دون قصد. وهنا مثال على ذلك من زاوية لكاتب مفضل لدي هو ماثيو باريس كتبه في مجلة إنجليزية أخيرا. لقد كتب يقول: «الطاقة النووية. إنها طريقة لتوليد الكهرباء تمثل خطرا مهما على الحياة والأعضاء مثل حوادث المرور (التي قتلت 3 آلاف شخص في بريطانيا العام الماضي)، لكن بدلا من أن تفعل ذلك من خلال حوادث صغيرة متكررة، فإنها تهدد بحادثة ضخمة لكنها نادرة. ولم يحدث أي منها أخيرا، وقد اختفت القضية من وعي الجمهور». إن وضع 3 آلاف ضحية كل عام من حوادث المرور مع الحوادث النووية يقترح عن غير قصد المقارنة بينهما. والحقيقة أن الوفيات من حوادث ذات منشأ نووي من الصناعة النووية في المملكة المتحدة العام 2007 كانت صفرا، وخلال الـ 50 عاما من عملها هنا كانت صفرا أيضا. من الصحيح أنه حصل حادث خطير في تشرنوبل في أوكرانيا منذ عشرين عاما قتل ما مجموعه 75 شخصا، معظمهم من رجال الإطفاء ورجال الإنقاذ الشجعان.

ثم حصل الحادث الصناعـــي المكلف في محطة جزيرة ثري مايل حيث لم يتأذ ولا شـــخص واحد ولكنها أرعبت البلد بكامله. وخلال خمســـين عاما من عمل محطات الطاقة النووية في العالم لم يمت أكثر من مائة شـــخص مـــن حوادثها. قارن بين هؤلاء وعشـــرات الآلاف الذيـــن ماتوا في صناعة النفط والفحم الحجري ومئات الآلاف الذين ماتوا من جراء صنع الطاقات المتجددة أو من عواقب استخدامها. نعم، طاقة الكهرباء المائية «متجددة»، لكن من يلاحظ كم هي خطرة إلى أن ينفجر أحد السدود؟

يعمـــل القليل في الدعايـــة لمجرد الهواية، إذن فمن يســـتفيد من هذه الدعايـــة؟ إن وســـائل الإعلام تســـتفيد إلى حد ما، ولكني أكـــرر أنها تتم عموما عن غير قصد. إن المستفيدين الرئيسين من الدعاية المعادية للطاقة النووية أشد شؤما من ذلك، لكن دعنا نعتبر وسائل الإعلام أولا.

كعالـــم أصبح فيما بعد كاتبا، أعلم صعوبة كتابة زاوية جيدة أســـبوعيا لمدة عام. يســـتطيع معظمنا أن يتدبر الأمر لمدة أسابيع، ولكن الكتابة لعام تتطلـــب مخيلة ذكية وصبـــرا لايملكهما إلا القليل. ولابـــد أن يكون كاتب الزاوية هو الأرستقراطي المدلل في وسائل الإعلام، مقارنة بالكتلة الكبيرة من الكتاب الذين يزودونها بالأخبار. وغالبا ما تســـاءلت عن توقع متوسط عمـــر الصحافيين، فأولئك الذين قابلتهم بـــدوا وهم يعملون تحت ظروف غيـــر عادية من المعاناة. ولا يمكنني أن أتصور مهمة أصعب من الاضطرار إلى مقابلة أشـــخاص غيـــر راغبين ومعادين ثم كتابة هـــذه المقابلة ضمن موعد محدد وإطاعة القيود السياسية والتحريرية، لذا من غير المستغرب أنه حتى الصحافيين الجيدين يقدرون قيمة قصة مســـلية يســـهل التعبير عنهـــا، بصورة أفضل من الحقيقة الباهتـــة غير الملهمة. وتتطلب القصص الجيدة مجموعة من الملائكة والشياطين، وفي الحرب، سواء كانت باردة أم حارة، يمكن وصف أشخاص مثل ستالين وهتلر بسهولة على أنهم شياطين، ويمكننـــا أن نلعـــب أمامهم دور الملائكـــة. أما في الحـــرب البيئية العالمية القادمـــة، فالحقيقة هي أننا كلنا شـــياطين، وليس هـــذا دورا مقبولا لنا، وهو أقل قبولا بالنســـبة إلى كتاب القصـــص. كان علينا أن **نخترع** ملائكة وشياطين جددا.

تدين جماعات الضغط البيئية والأحزاب السياسـية بوجودها للتدفق الـذي لا ينتهي للقصص الجيدة حول الكـوارث البيئية. كانت حادثة نهر سـايلانت سـبرنغ Silent Spring قصة تخويف عالمية كفؤة، بحيث يقال غالبـا إنها كانت سـبب إطلاق الحركـة البيئية الحديثـة. وكذلك، على المقياس المحلي، كان المسلسل التلفزيوني **الحياة الجيدة** The Good Life في السـبعينيات حيث اسـتطعنا نحن المشـاهدين أن نتوحد مع الجهود الملائكيـة الطيبة لزوجـين عاديين لكـي يصبحوا من الـ «خضر». كان الأشـرار المشتبه فيهم عادة هم: **النفط** الذي يلوث البحار ويقتل الطيور، و**الفحم** الذي كان لا بد من الحفـر للحصول عليه من قبل عمال المناجم المجهدين بالعمل والمبخوسـي الأجر، وكلاهما ناتجان لشـركات شـريرة متعددة الجنسـية تعمل من أجل الربح فقط. لقد نسينا دوما أو تجاهلنا أن صناعـة الفحم الحجري كانت لمعظم الوقت مؤممة، لذا فقد كنا نحن المالكين لهـذه الصناعة الملوثة والمسـتهلكين الذين سـببوا التلوث. وفي السـبعينيات وأوائل الثمانينيات كان الوقود الكربوني الأسود هو المعروف على أنه شرير، وليس ناتجه غير المرئي ثاني أكسيد الكربون. وأيضا فقد أهملنا مخاطر ثاني أكسـيد الكربون في ذلك الوقـت لأن عقول العلماء كانت ممتلئة تماما بالتهديد لطبقة الأوزون السـتراتوغرافية التي تسببها مركبات الكلوروفلورو كربون (CFC).

في ذلك الوقت، كانت الطاقة النووية تؤمن بشكل رخيص وآمن وموثوق بـه 30 في المائة من الكهرباء المسـتهلكة في بريطانيا، وكنا نولدها بهدوء فـي باحتنا الخلفية. لقد تطلب الأمر حادثا صناعيا متوسـط الحجم في محطة نووية سـوفييتية في تشـرنوبل في أوكرانيا لنشر القصة الفظيعة المعادية للطاقة النوويـة التي تملكت العالم منذ ذلك الوقت إلى الآن. لقد جرى الحادث، وهو انفجار البخار في مفاعل غير مستقر كان يمر بتجربة مخططة بشكل سيئ وغير حكيم. لقد كان الحادث المؤسف بكامله سلسلة مـن الخطـوات الخاطئة التي يمكـن أن تحدث فقط ضمن السياسـات الحكوميـة الفاسـدة للاتحاد السـوفييتي. لقـد كان الرجال الخمسـة والسبعين الذين ماتوا كلهم تقريبا إما عمالا من المحطة أو من أولئك الذين

استدعتهم الدولة لإزالة الحطام. لقد كان حادثا تافها مقارنة بالكارثة الصناعية في مدينة بوبال في الهند، حيث أطلق حادث في معمل لصنع المبيدات في الساعات الأولى من صباح الثالث من ديسمبر 1984 أربعين طنا من غاز آيزوسيانات الميثيل في هواء الليل. لقد انجرفت السحابة فوق المدينة وقتلت ثلاثة آلاف وثمانمائة شخص فورا وقتلت أكثر من ذلك بعدة مرات في الأسابيع اللاحقة. وعادة ما تذكر كارثة بوبال على أنها أسوأ كارثة صناعية في العالم، لكن ما عدد المرات التي يذكر فيها الإعلام هذه الحادثة مقارنة بالكارثة الأخف بكثير في تشرنوبل؟

في تشرنوبل اختلط الدخان من المفاعل المحترق مع كتلة الهواء المتحركة غربا نحو أوروبا. يمكن قياس الإشعاع بأجهزة حساسة جدا، ولذا لم يكن من الغريب أن تكتشف السحابة بعيدا حتى المملكة المتحدة. ولو أن الرياح هبت نحو الشرق فمن المحتمل أننا لم نكن لنضع كلمة تشرنوبل في قواميسنا، وكما هي الحال ضخمت وسائل الإعلام القصة حتى قامت الحكومات الخائفة من الاتهامات بالعجز بإجراءات غبية جدا. لقد عزل السويديون مجموعة ضخمة من حيوانات الرنة، وحظرنا نحن في المملكة المتحدة بيع لحم الأغنام من هضاب ويلز وأسكتلندا. وبرر الحظر والاستبعاد على أساس أن اللحم كان ملوثا بشكل خطير، على حين أنه كان مشبعا أكثر بعدة مرات فقط من اللحم العادي، وكان خطره ضئيلا على الصحة. أغلق الإيطاليون محطات الطاقة النووية لديهم، واقترح الألمان فعل الشيء نفسه. وحتى هيئة الإذاعة البريطانية أعلنت بجدية لسنوات بعد ذلك أن عشرات إن لم يكن مئات الآلاف من الناس سيموتون بسبب الإشعاع عبر أوروبا. لقد فشلت الاختبارات المكررة من فرق من الفيزيائيين من وكالات الأمم المتحدة في إيجاد أي دليل يدعم هذه النبوءات المتشائمة. واختار علماء الإشعاع الذين كان في إمكانهم تحدي هذا الهراء أن يبقوا صامتين. وعند اعتبار عواقب تشرنوبل، من المفيد التذكر أن التعرض للإشعاع لجميع من كانوا أحياء العام 1962 من تجارب القنابل الذرية كان أكبر بمئات المرات، وبالرغم من ذلك نعيش الآن أطول من أي وقت مضى.

دعنـــي أقدم مثـــالا آخر عن المخـــاوف الزائفة التي شـــاعت من دليل خرافي. أعيش مع زوجتي ســـاندي في جزء ناء من إنجلترا، وتمر أسلاك هاتفنا عبر حقول المزارعين على أعمدة لستة كيلومترات، وغالبا ما تتخرب في العواصف، ولا نســـتطيع الاتصال أو إرســـال البريـــد الإلكتروني بهذه الطريقة. عمليا يبقينا هاتفنا الخليوي بلاك بيري على اتصال. كم سيكون جنونا منا لو رفضنا فرصة التواصل هذه نتيجة خوفنا من الســـرطان من إشـــعاع الميكروويف للهاتف الخليوي. ولكن هـــذا ما يفعله أكثر من نصفنا وطنيا برفض الطاقة النووية على الأسس الواهية نفسها.

لست الوحيد الذي يقلق حول تكتم العلماء لرفض خطأ هذه الادعاءات المعاديـــة للطاقة النووية وعدم رغبتهم في الانخـــراط في القضية الأكبر، وهي بقاؤنا. وفي مقالة شـــهيرة بعنوان: «صمت العلماء وارتفاع مســـتوى ســـطح البحر»، نشرت في رســـائل البحث البيئي العام 2007 ذكر جيمس هانسن التعليق ذاته وهو أن تكتم العلماء منعهم من التحذير بخطر ارتفاع محتمل كبير في مســـتوى ســـطح البحر. إننا نحن العلمـــاء منطوون جدا على ذواتنـــا، ويبدو أننا وصلنا إلى حالة تطغى فيها نظرية أنيقة مدعومة بحسابات حاســـوبية أحيانا على الملاحظة والتجربة. ويبدو أننا أقل ميلا إلى اختبار أفكارنا ضمن العالم الواقعي، ولم نعد نبحث عن حكم الطبيعة مفضلين عليها حكم زملائنا من العلماء. ومثل أســـلافنا من الثيولوجيين، بدأنا ننتج الحقيقة في عالم افتراضي بدلا من أن نكتشفها.

مـــن الطبيعـــي أن تكـــون للناس في كل مـــكان علاقة حـــب - كره مع بيئتهـــم الطبيعية. إننا نود التمتع بمنتجات الصناعة، وأن نتمتع في الوقت ذاتـــه بالبيئة الطبيعية، ولكننا نتجاهل العواقب الســـيئة لإصدارنا الخفي واللامعقـــول من غازات الدفيئة. وأولئك منا الذين يعيشـــون في الولايات المتحدة لا يختلفون عنا في هذا الصدد. ومنذ عهد رواد مثل هنري ديفيد ثوريو وخصوصـــا آلدو ليوبولد، أدرك الأمريكيون قيمـــة القفار والبراري والحاجـــة إليها، وفي الوقت ذاته أخطـــار التقدم الصناعي غير المنضبط. لقد انقسمت البيئوية منذ البداية إلى قسمين رئيسين: الأول للحياة البرية وللريـــف، والثانـــي للصحة وجودة الحيـــاة في بيئة المدينة. كانت راشـــيل

كارسون من خلال كتابها «النهر الصامت» Silent Spring المنشور في العام 1962، الأولى التي ربطت بين الضرر الذي يلحق الطيور البرية والضرر على الناس في المدن بالتركيز على التأثيرات السيئة للاستخدام المفرط للمبيدات الكيميائية. لقد كانت الأولى التي جعلتنا ندرك تماما أن منتجات صناعاتنا وصلت إلى زيادة ملحوظة تهدد الحياة على مستوى العالم. لقد كان علمها ممتازا، لكن الاستنتاجات من قبل وسائل الإعلام وجماعات الضغط البيئية بالغت جدا في تقدير الأخطار. وكما سأشرح في الفصل الثامن، حظر استخدام المبيد DDT لأنه زعم من دون دليل على أنه مسرطن للإنسان. ومع ذلك استخدم مركبا لقتل البعوض للتحكم بداء الملاريا وهو ينقذ مليونين من البشر كل عام، أغلبهم في أفريقيا. لقد اشتد القلق حول الأخطار من المواد الكيميائية مع زيادة حساسية الأجهزة حتى أصبح من السهل تبيان وجود كميات مقاسة من المبيدات الكيميائية تتوزع في كل مكان على سطح الأرض. وينطبق الشيء ذاته على تحري الإشعاع النووي. إن لخوفنا من الطاقة النووية الأساس الخاطئ نفسه كخوفنا من المواد الكيميائية، وكمخترع لهذه الأجهزة فإنني أتحمل جزءا من اللوم. وللطاقة النووية حظ سيئ كذلك نتيجة ارتباطها بالأسلحة النووية.

قاد الاضطراب حول العواقب البيئية لإصداراتنا، إضافة إلى الدليل المحكي الخاطئ حول الضرر الذي تسببه، إلى بيئوية مدينية خائفة، حيث تغلغلت المواد الكيميائية السامة في كل بيت وباحة، وأدت إلى الاعتقاد أن كل شيء نووي، بما في ذلك الطاقة النووية لتوليد الكهرباء، سيئ وغير صحي ومذنب. لقد أصبح من السهل على وسائل الإعلام أن تستخدمها في حكاياتها. ولايملك أي حزب سياسي في أي مكان في العالم الشجاعة للموافقة تماما على أن الطاقة النووية أرخص مصدر للكهرباء وأكثرها أمنا ووثوقية وأفضلها للبيئة.

إذن من المستفيد من الدعاية ضد الطاقة النووية؟ تستطيع وسائل الإعلام عادة أن تشم فأرا بشكل أفضل من كلب صيد جائع، ولقد دهشت قليلا من أنها لم تتساءل أكثر حول اغتيال المنشق السوفييتي ليتفينيكو العام 2007 في لندن. لقد سمم بقسوة ببضع مئات من النانو غرامات من

العنصر المشع بولونيوم 210. وهو عنصر من عائلة الكبريت في الجدول الدوري يتغلغل بسهولة في المواد الحيوية الكيميائية البسيطة التي تغذي خلايا أجسادنا بحيث يجد طريقه فورا عند ابتلاعه نحو كل خلية في جسمنا. لقد اختيرت الجرعة السامة من البولونيوم بعناية. كانت كافية لتسبب تفكك نحو سبع ذرات بولونيوم في كل خلية في الضحية خلال الأيام القليلة من الحياة المتبقية له. وعند ابتلاعها يصدر البولونيوم ذرات الهيليوم التي تنتقل بجزء من سرعة الضوء وتخترق البنى الحيوية للخلية بحيث تكفي واحدة أو اثنتان منها عادة لقتل الخلية. وهي طريقة شريرة لقتل إنسان: موت بطيء معذب لا يمكن إيقافه. وهناك دليل كاف على أن عملاء الاغتيال كانوا من الروس، وقد سربت حاوية العنصر المشع كمية كافية لتترك أثرا في الطائرة التي جلبت القاتل إلى لندن وإلى الفندق حيث أضيف السم إلى كأس شاي الضحية.

كم هي فرصة ضائعة من قبل صحافي ذي خيال واسع، أو كاتب قصة مثيرة ليؤسس لمشهد في مكان ما في موسكو يحتوي على محترفين من وكالات الاستخبارات أو مؤسسات الطاقة. وسيشمل هذا الاجتماع القاتل، مع خبراء التسميم، والمديرين البيروقراطيين. ويقول شخص ما، «أنت تدرك أليس كذلك أن جرعة سامة من البولونيوم 210 ستكلف نحو 10 ملايين دولار؟ لماذا لا يستخدم الريسين؟ إننا نعلم أن هذا سيكون سما موثوقا به ومخفيا أكثر عن وسائل الإعلام، وأكثر من ذلك، فإنه سيكلف أقل من دولار واحد».

ويضيف بيروقراطي آخر: «نعم، وأيضا علينا لصنع البولونيوم أن نبحث عن وقت لتشغيل المفاعل، المشغول مسبقا بمهام مهمة أخرى».

وعندها يتدخل مدير رفيع المستوى ليقول: «يا سادة، ليس الهدف من هذا العمل مجرد معاقبة خائن - وهذا لوحده يحتاج إلى الإعلان عنه وتضخيمه إعلاميا - لكن الأهم هو إبقاء الغرب خائفا من كل شيء نووي. إن مستقبلنا كقوة عالمية يعتمد على قدرتنا على جعلهم يعتمدون كلية علينا لتزويدهم بالنفط والغاز، إن استخدامهم للطاقة النووية سيحررهم من هذا الاعتماد، ويمكن أن نفقد قدرتنا على جعل العالم يسير بالاتجاه الذي نريد. إن عشرة ملايين دولار ليست شيئا يذكر في سبيل هذه القضية».

ليس هذا المشهد سوى جزء من خيالي، ولكن كان من الممكن أن يشكل قصة جيدة في ذلك الوقت. والأكثر من ذلك فسيصبح أكثر موثوقية مع انتقالنا إلى القرن الحادي والعشرين، عندما ترتبط السلطة السياسية وفرص العمل أكثر فأكثر بمصادر الطاقة. وسيكون من السذاجة توقع أن تقف شركات الطاقة جانبا لترى ريعيتها تعاق بطاقة نووية رخيصة، ولا بد أن يكون هذا صحيحا أيضا بالنسبة إلى إحباط الآمال الوطنية. إن تدفق المال للصناعة النووية ضئيل مقارنة بشركات النفط والغاز والفحم الحجري، وبالتالي فالمال المتوافر للإعلان عن فوائد الطاقة النووية أقل بالمقارنة.

أصبح الخوف من النووي مترسخا بقوة بحيث إنه لو سقط مفتاح على قدم مهندس في محطة طاقة نووية يابانية واحتاج إلى إسعافات أولية فسيعلن عن ذلك في العناوين الرئيسة في جرائدنا على أنه «حادث خطير في محطة طاقة نووية يابانية»، بينما لن يشغل موت مائة أو أكثر من عمال المناجم الصينيين في انفجار منجم فحم تحت الأرض أكثر من فقرة صغيرة في وسط الجريدة نفسها.

ما كتبته للتو ليس مبالغة. ففي يوليو 2007 ضربت هزة أرضية في اليابان محطة طاقة نووية بقوة تكفي لإيقافها آليا. كانت الهزة بقوة كافية - أكبر من 6 على مقياس ريختر - لتحدث تخريبا بنيويا مهما في بلدة متوسطة الحجم. كانت النتيجة «النووية» الوحيدة هي سقوط برميل من حزمة من براميل نفايات منخفضة المستوى مما أدى إلى تسريب 90 ألف بيكريل من الإشعاع. شكل هذا عنوانا بارزا على الصفحة الرئيسة لجريدة أسترالية، زعمت أن التسرب سيؤدي إلى خطر التلوث الإشعاعي لبحر اليابان. والحقيقة هي أن 90 ألف بيكريل هي ضعف كمية الإشعاع الطبيعي فقط، وعلى الأغلب على شكل بوتاسيوم، الذي نحمله أنا وأنت في أجسامنا. وبعبارات أخرى لو قبلنا بهذا الاستنتاج الهيستيري فسيشكل رجلان يسبحان في بحر اليابان التهديد الإشعاعي ذاته.

الوقود الأحفوري

ليس هذا الكتاب مكانا لتسجيل إحصاءات شاملة حول احتياطات الوقود وإنتاجها. وبجهد متواضع وفهم يمكن الحصول عليها من شبكة الإنترنت، لكنني سأضمن بعض التعليقات على أنواع الوقود المستخدم الآن وعلى توقعات غذائنا للقرن القادم.

مازالت هناك احتياطات هائلة من الفحم الحجري والنفط والغاز الطبيعي، إضافة إلى ذلك مازالت هناك احتياطات أكبر لوقود أقل كفاءة مثل الرمال القارية والصخور السجيلية وفحم البيت (الخث). المشكلة هي أن هذا الوقود الطبيعي يتجدد ببطء شديد بمعدل واحد إلى مائة من سرعة حرقنا له. ليست المشكلة في الكمية التي حرقناها مسبقا، لكنها في السرعة التي تتم بها. ومع ذلك لو استخدمت في سيارتك الغازولين أو الديزل المصنع من ثاني أكسيد الكربون الجوي باستخدام الطاقة النووية أو الطاقة الشمسية الحرارية فإنك ستقوم حينها بعمل جيد من أجل الأرض. ليس الوقود هو المخرب لكنه التوازن بين إنتاجه واستهلاكه. ويعتمد هذا كله على عدد السكان، كما يذكرني بذلك مرارا صديقي ومرشدي كريس رابلي، مدير متحف العلوم. ولو كان هناك مائة مليون منا فقط على سطح الأرض لاستطعنا أن نفعل أي شيء نحبه تقريبا من دون أذى. لكن بسبعة مليارات إنسان أشك في إمكان استدامة أي شيء، أو أن ينخفض حرق الوقود الأحفوري بشكل كبير. وأعني بـ «شكل كبير» أنه سيكفي لوقف الاحترار العالمي. إن سبعة مليارات إنسان يعيشون كما نعيش، ويطمحون لذلك، كثير جدا لكوكب حاول أن ينظم مناخه ذاتيا.

ولو تمكنا من التقاط ثاني أكسيد الكربون الصادر عن حرق الوقود الأحفوري جميعه قبل أن يصل إلى الهواء، فقد نستطيع أن ندفنه عميقا في باطن الأرض في أماكن لا يمكنه الهرب منها. هناك محاولات لفعل ذلك تجري الآن حول العالم، لكن هذه المحاولات ستفشل حتما في وقف الاحترار العالمي لأن تأثيرها الكلي لن يكون كبيرا بما يكفي. ويوجد في الفصل الخامس تفاصيل أكثر عن هذه المخططات وعن غيرها لمقاومة التغير المناخي.

استثمر النفط الخام تجاريا للمرة الأولى في بنسلفانيا في الولايات المتحدة العام 1850، وحالا بعد اكتشافه أدرك أن نواتج تقطير النفط الخام أكثر مبيعا منه. جاء أكبر تأثير للنفط في العالم عن طريق الكيروسين (زيت الكاز)، أو كما يدعى في المملكة المتحدة، البارافين. لقد استخدم على مستوى العالم بشكل رئيس لمصابيح الإنارة ولأفران الطبخ. وفي بعض أنحاء العالم، خصوصا في أفريقيا، لا يزال يستخدم حتى الآن. وفي العشرينيات والثلاثينيات، غالبا ما أرسلت إلى مزارع بعيدة في أثناء العطل المدرسية. وغالبا ما تم الطبخ على مواقد تعمل على فرن يستخدم البارافين وتلوث مذاق الطعام برائحة الوقود الكريهة. وعندما شاع السفر بواسطة الطائرة النفاثة، أصبحت رائحة الكيروسين أكثر شيوعا. وكانت أحد التقدمات غير الملحوظة في كيمياء النفط إزاحة معظم العناصر ذات الرائحة الكريهة للبارافين وللديزل بحيث أصبحت الآن محتملة تقريبا.

وبنهاية القرن التاسع عشر تطور تقطير النفط الخام كثيرا. كانت المنتجات غازات خفيفة وسوائل طيارة (الغازولين النفطي على سبيل المثال)، وسوائل أقل تطايرا (البارافين ووقود الديزل) وقطفات أثقل مثل زيت الوقود للسفن والأفران، وقطفات زيت التشحيم غير المتطاير تقريبا، وأخيرا ما بقي من عملية التقطير هو القار أو الأسفلت. لقد أمضيت شطرا من حياتي في مصافي النفط في المملكة المتحدة والولايات المتحدة. وبالنسبة إلي كان هناك دوما عنصر من الإعجاب الكبير عند زيارتي لإحدى هذه الشبكات المنظمة من الأنابيب وسط الزئير المدوي لعمليات التكرير في الخلف. لقد زرتها أول مرة كرائد في تحليل الغاز الكروماتوغرافي وأريت كيميائييهم كيفية فصل طيف عريض من الهايدروكربونات التي تشكل وقودا مثل البترول والتمييز بينها. وهو شيء مهم جدا بالنسبة إليهم، لأن نوعية الوقود - رقم أوكتانه (*) - تعتمد على تركيبه. وبدوري تعلمت أن تشغيل مصفاة للنفط أشبه بتوجيه طائرة لا تهبط على الأرض. يصل النفط الخام بواسطة ناقلات النفط من أماكن بعيدة، ويجب ضخه

(*) رقم الأوكتان هو مقياس لمقدرة الوقود (البنزين) على مقاومة الاحتراق المبكر، وكلما ارتفع رقم الأوكتان، كلما زادت كفاءة الوقود. [المحررة].

إلى خزانات ذات سعة محدودة ومنها يتدفق باستمرار ليقطر. وتتدفق التيارات السبعة أو الأكثر من ذلك المفصولة من برج التقطير باستمرار خلال سلسلة من عمليات التحسين - ومن دون توقف - حتى تدخل خزانات المنتجات. يشبه الوقود السائل إلى حد ما الكهرباء : فما إن يصنع حتى يكون عليه أن يتدفق حتى يحرق أو يستهلك. ويشكل احتمال إضراب طويل من سائقي الشاحنات قلقا دائما لمرشدي المصافي، فالتوقف غير المخطط له لمصفاة يشبه إلى حد ما هبوط طائرة على طريق للسيارات.

لجميع أنواع الوقود الأحفوري منشأ حيوي. وهذا صحيح كذلك بالنسبة إلى الغاز الطبيعي، الذي يعتبر أحد مصادر الطاقة الرئيسة لمعظم العالم. وحتى وقت ليس بالبعيد كان يعتبر الأنظف والأكفأ والأقل تلويثا من أشكال الوقود الأحفوري جميعها، وقد أتى معظم تخفيض أوروبا من غاز ثاني أكسيد الكربون من استخدامها للغاز الطبيعي المتوافر. يحتوي جزيء الميثان على أربع ذرات هيدروجين لذرة الكربون الوحيدة فيه، ولذا فعندما يحرق يأتي نصف الطاقة تقريبا من المحتوى الهيدروجيني الذي يكون ناتجه الماء. ويولد الكربون بالطبع غاز ثاني أكسيد الكربون عندما يحترق، لكنه يولد فقط نصف ما تولده الكمية ذاتها من الفحم الحجري أو النفط للطاقة نفسها.

وليس هذا فقط، إذ يمكن حرق الميثان مباشرة في أنظمة توربينات غازية كفؤة ثرموديناميكيا حيث تستعمل الحرارة الضائعة منها في تسخين البلدة. ولمدينة ووكي في مقاطعة ساري أحد أخفض مؤشرات التلوث لأي بلدة في المملكة المتحدة وذلك بسبب استخدامها الدارة المركبة في توليد الكهرباء والتسخين. ولو بقي العالم كما كان في العام 1960، فلربما كانت عملية التحول لحرق الميثان كافية لوحدها لتلبي الحاجة إلى وقف التغير المناخي. لقد أصبحنا مبذرين جدا في استهلاك الطاقة بحيث أدى الضغط على احتياطات العالم من الميثان إلى ارتفاعات في أسعاره لاتزال تفسد النوعية السابقة لهذا الوقود الغازي. ومن النادر أن يذكر أنه لو تسرب غاز الميثان إلى الجو قبل حرقه فإن له كغاز دفيء تأثيرا أكبر بعشرين مرة تقريبا من غاز ثاني أكسيد الكربون.

الفحـــم الحجري هو الوقود القذر فعلا. ومن خلاف زوجي ناجم عن تـــرك عامل منجم بصمته الكربونية على ســـجادة زوجته الجديدة وحتى كارثـــة لندن العام 1952 التي مات بســـببها أكثر من خمســـة آلاف من التســـمم بدخان الفحم في ليلة واحدة، فقد كانت له دوما هذه السمعة. ولايزال عدد لا يحصى يموتون ويمرضون من دخان الفحم على مســـتوى العالـــم وخصوصا في الصـــين ومنغوليا. ومع ذلك فليس الفحم نفســـه هـــو الذي يقتل ولكنها الطريقة غير الفعالـــة التي نحرقه بها في مواقد مفتوحة. إن هواء لندن الآن، عدا عن التلوث من السيارات، نظيف تقريبا للاستنشـــاق، على الرغم من أن 33 في المائة من الكهرباء التي نستهلكها لاتـــزال تأتي من حرق الفحـــم الحجري. وفي العـــام 2008، دعيت أنا وســـاندي إلى تنـــاول الفطور في فندق في لندن مـــع جيمس روجرز من شركة ديوك للطاقة وزوجته ماري. قام صديقي ستيوارت براند بالتعريف فيمـــا بيننا واعتقد أننا سنســـتفيد كلانا من هـــذا اللقاء، لقد كان محقا فـــي ذلك. لقد وجدت جيم روجرز وهو شـــخص قيادي كبير في صناعة الفحـــم الحجري الضخمـــة في الولايات المتحدة مهتما بمســـتقبلنا، كما كنت أنا، ووجدته عمليا بشـــكل مدهش. لقد تشـــاركنا الفكرة في أنه لم يعد هناك الوقت ولا الموارد لدفن الإصدارات من ثاني أكســـيد الكربون لمحطـــات توليد الطاقة من الفحم الحجري على الصعيد العالمي. كان من المفيـــد جدا لي أن أعرف منه المقدار الهائل لاســـتهلاك الفحم الحجري في العالم كمصدر أولي للطاقة. وفيما إذا كان باستطاعتنا عكس التغير المناخي الذي يحدث الآن أم لا فإن هذا يعتمد على مدى الســـرعة التي نقـــوم فيها بفعل ذلك. لقد أكـــد اللقاء رأيي أن هناك فرصة ضئيلة على المستوى العالمي للعودة إلى العالم كما كان منذ مائة عام مضت.

الطاقة المتجددة

تعـــرف الطاقـــة المتجددة عادة علـــى أنها الطاقة المولـــدة من مصادر طبيعيـــة - مثل الرياح، وأشـــعة الشـــمس، والمياه الجاريـــة، والمد والجزر، والحرارة الجوفية، والوقود الحيوي، وحرق الكتلة الحيوية - والتي تتجدد

بشكل طبيعي. ويبدو أنها الأفضل للبشر وللأرض، ويعتقد كثير من الناس حقا أن استخدامها بشكل كامل قد «ينقذ كوكب الأرض».

الطاقة المتجددة شيء يأتي من غايا، بينما يصنع الوقود الأحفوري والطاقة النووية من قبل الإنسان وبالتالي فهما وسخان. وهذا غير صحيح تماما وهو أسطورة تعود إلى جان جاك روسو على الأقل. ونتصور أنه يمكننا كلنا أن نعيش بطريقة ما الحياة الطبيعية، وأن الطاقة الطبيعية والغذاء العضوي مختلفان تماما عن الغذاء المصنع وأفضل نوعية. وقد يبدو أن الرياح المتحركة والمياه الجارية أكثر طبيعية من مفاعل نووي، لكنها ليست كذلك: لقد كانت هناك مفاعلات نووية طبيعية فيما يعرف الآن باسم الغابون في أفريقيا حافظت على دفء الكائنات الحية الدقيقة التي كونتها منذ ملياري عام. وأيضا لا بد من صنع التوربينات التي تستخلص الطاقة المتجددة من تدفق الرياح أو المياه: فهي تهترئ وتحتاج إلى تجديد، وكذلك البرج الفولاذي والشفرات التي تدور. إن الطاقات التي نستخدمها جميعها، عدا النووية، عبارة عن طاقة شمسية من الدرجة الثانية أو الثالثة، ولا يعطي المصطلح «طاقة متجددة» معنى مفهوما في عالمنا الحالي. إذن ما الذي يجعلها جذابة جدا حتى لرجال الأعمال العنيدين؟ لقد تحمسوا لها بسبب المعونات المقدمة من حكومات ضغط عليها بفعل عقيدة بيئية شائعة ومفضلة. وتجعلهم القوى المقنعة نفسها يعاقبون ما يدرك على أنه غير أخضر: الفحم الحجري، والنفط، والطاقة النووية.

هل من الممكن تمييز الطاقة بين متجددة أو غير متجددة بحسب مصدرها؟ لا، لا يمكن ذلك. إن القانون الأول من الثرموديناميك، وهو أحد القوانين الثلاثة الرئيسة في الكون يقول: «الطاقة مصونة دوما»، لكن لا يوجد شيء ولا حتى في الطباعة الدقيقة حولها متجدد. ففي هذا العالم لا يمكن تجديد الطاقة، كل ما يمكنك فعله هو أن تأخذها، وتستهلكها وتكون ممتنا لذلك.

إن الكلمة «مصونة» أسهل للفهم. فكر في كأس من الماء البارد. إذا أضفت إليه ملعقة صغيرة من الماء المغلي وخلطته، سيصبح الماء أسخن بمقدار طفيف جدا. لكن الطاقة الحرارية الكلية للماء في الكأس سترتفع

بمقدار الطاقة الحرارية التي كانت في ملعقة الماء الغالي. لذا فقد حفظت الطاقة. ولو جعلت صانع أجهزة يبني لك محركا صغيرا، فإن الفارق الضئيل في درجة الحرارة بين ملعقة الماء الغالي وكأس الماء البارد يمكن أن تستخدم لدفع محرك صغير وتوليد الكهرباء. ولكن كيفما استخدمت الكهرباء، فسيتم الحفاظ على الطاقة.

تستخدم الصفة «متجددة» كحكم قيمي إنساني: ليس لها أساس في العلم. لكن بما أننا لسنا آلهة نصنع الطاقة والمادة من لاشيء، علينا أن نطيع قوانين الكون، ومن المدهش أن يعني هذا أن أي شيء نصنعه هو طبيعي. إن عربة دفع رباعي SUV والوقود في خزانها طبيعية تماما مثل عش نمل أبيض. فمن دون وجود حياة على الأرض لا يمكن لأي منهما أن يوجد، ولا يمكن للسيارة أن تقاد، وننسى بسهولة شديدة أن لا فائدة من الوقود إذا لم يكن هناك أكسجين. إن مركبات الدفع الرباعي والوقود في خزاناتها ليست جيدة أو سيئة بطبيعتها، على الرغم من أن ما يصنع بها يمكن أن يكون كذلك. ولذا ما الذي يدور حوله هذا الجدل كله؟ إن الصخب هو أنه يوجد عدد كبير جدا منا بحيث إننا نحرق الوقود أسرع بمئات المرات من قدرة الأرض على تجديده.

طاقة الرياح

إن طاقة الرياح كالطاقة النووية هي أحد أكثر مصادر الطاقة جدلا وإثارة. إذا استخدمت بعقلانية، في مواقع لا تشكل فيها الطبيعة المتقلبة للرياح عائقا، فإنها مصدر محلي ثمين. لكن استخدام أوروبا الضخم للرياح كطاقة إضافية للحمل الكهربائي الرئيس ربما سيذكر على أنه أحد أكبر الحماقات في القرن الحادي والعشرين، مثال عن الهندسة المثيرة للإعجاب المستخدمة بشكل خاطئ لأسباب عقائدية غير ملائمة كما كان نقل المسافرين بواسطة المناطيد المملوءة بالهيدروجين. هناك مناطق في الولايات المتحدة وكندا، حيث يمكن أن يكون هناك معنى لوضع مزارع الرياح فيها. هذه المناطق مثل المضيق على حدود تكساس وأوكلاهوما لها مناخ مناسب، وتتوافر فيها مصادر أخرى للطاقة، وهناك فرصة لاستخدام نظام ضريبي صديق.

لا بد لي أن أعلن كراهيتي الشخصية الخاصة للتوربينات الريحية الكبيرة على اليابسة. يقع منزلي في مقاطعة ديفون في جنوب غرب إنجلترا، وهي إحدى آخر المناطق في بريطانيا التي حافظت على أنماط الحقول الصغيرة المتقاطعة المحاطة بالأسيجة، والتي جعلت من ريفنا مثار اهتمام العالم بأسره. ويمتد الساحل الجنوبي الغربي لـ 630 ميلا من ماينهيد في سومرست إلى بول في دورست، ثم يمر عبر ساحل ديفون شمالا وجنوبا. ويشمل هذا الساحل بعض أروع المناظر في أوروبا، وقد اختير جزء منه كموقع أثري عالمي من قبل اليونيسكو. لقد اخترت أن أعيش هنا لأنني أقدر أن هذا هو أحد المناطق القليلة الباقية من الريف التي لم تتأثر كثيرا بالعمران المديني أو بالزراعة الصناعية، وأراه كمثال على كيفية تعايش الإنسان مع الأرض بطريقة حسنة. إن جعل هذه المقاطعة موقعا لمصدر كهربائي من طاقة الرياح على المستوى الصناعي هو بالنسبة إلي أمر همجي مثل وضع مزرعة صرف صحي في حديقة الهايد بارك في لندن أو في الحديقة المركزية في نيويورك، ومع ذلك فهذه هي نية حكومتي تحت ضغط شديد من الاتحاد الأوروبي.

لو كانت مزارع الرياح هذه كفؤة حقا وقادرة على سد احتياجاتنا من الطاقة، فقد أقنع بالضغط على أسناني، وأتحمل تدخلها القبيح، ولكنها في الحقيقة بلا فائدة كمصدر للطاقة. سيحتاج الأمر إلى ألف ميل مربع من الريف لتقديم الأرض اللازمة لغيغاواط من طاقة الرياح. وتهب الرياح 25 في المائة من الوقت فقط بالسرعة المناسبة لتوليد كمية مفيدة من الكهرباء، ولذا تحتاج هذه الوحوش الهائلة إلى دعم محطة توليد بحجم كامل تقريبا من الوقود الأحفوري لتزود الكهرباء إذا هبت الرياح بشدة أكبر أو بضعف أكثر.

بالإضافة إلى الدعاية السلبية الموجهة إلى الطاقة النووية، فهناك تقريبا عدد مماثل من الأغلاط التي تروج حول الميزات الإيجابية لطاقة الرياح. خذ على سبيل المثال نية بريطانيا لبناء أكبر مزرعة ريحية في العالم في مصب التايمز، والتي ستتألف من 341 توربينا تحتل مساحة 230 كم^2، لقد ادعى أنه سيكون مشروعا بقدرة غيغاواط وبالتالي

يعادل في إنتاجه محطة طاقة نووية نموذجية. وفي الإعلان عنه هناك ادعاء أنه سيقدم كهرباء تكفي لثلث منازل لندن، ويوفر إصدار 1.9 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون. ويبدو الأمر جيدا إلى أن تدرك أن محطة بحجم كامل، تحرق الفحم الحجري وتصدر كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون، يجب بناؤها لدعم المشروع عندما لا تهب الرياح. وسيكون إنتاجها المتوسط بحدود 400 ميغاواط فقط من الكهرباء المتناوبة. ولو كانت مستمرة، وهي ليست كذلك، ستكون كافية لـ 830 ألف منزل يستهلك كل منها 4200 كيلووات ساعي في العام. وأنا سعيد لأنه كان لشركة النفط شل الحكمة بالرغم من الدعم للانسحاب من هذا المشروع الخاطئ.

يتطلب البقاء على هذه الجزر بعدد سكان ربما يصل إلى 100 مليون نسمة مصدرا ثابتا وموثوقا من الكهرباء من وقود محلي. ومن الجنون محاولة الحصول على ذلك من دون الطاقة النووية. ومن المحزن أن العديد من الحركات البيئية وأتباعها من المثقفين مازالوا يعارضون الطاقة النووية على أسس واهية كما هي حال الخوف من الجحيم أو الشيطان.

دعنا نقارن مصادر الطاقة المقترحة الآن. إن بصمة محطات الطاقة النووية والفحم الحجري متكافئة وتحتل محطة بقدرة غيغاواط نحو 30 فدانا أو نحو ستة ملاعب كرة قدم. وتحتل محطات طاقة مماثلة تعمل على الغاز نحو 15 فدانا فقط. لكن محطات الطاقة الحرارية الشمسية ستتطلب 5 أميال مربعة من الصحراء عند خطوط عرض منخفضة حتى 30 درجة (بعيدة جدا عن بريطانيا). وتتطلب الطاقة الريحية 1000 ميل مربع من أجل محطة بقدرة غيغاواط على اليابسة. إن المصدر الوحيد غير الملوث تماما هي الطاقة الشمسية الحرارية، فطاقة الرياح والخلايا الفولطائية ملوثة عمليا لأنها تحتاج إلى محطات داعمة من الوقود الأحفوري عندما تتوقف. لقد اعتبرت تصريف الكمية الصغيرة من النفايات النووية تلوثا على الرغم من أنها لا تؤثر في المناخ.

الجدول «2-4»
يوضح المساحة النسبية لمصادر الطاقة المختلفة (بصمة القدم)
وإصدارات غازات الدفيئة وفيما إذا كان الدعم لازما لتكون مربحة

المصدر	بصمة القدم	التلوث	الدعم اللازم
فحم حجري ونفط	2	10	لا
غاز	1	5	لا
نووي	2	1	لا
شمسية حرارية	150	0	لا
شمسية فولطائية	150	2	نعم
الرياح	30000	4	نعم

والآن حيث لم يعد التبذير أمرا مرغوبا فيه ليس هناك عذر للحفاظ على دعم لأي مصدر للطاقة. هناك خيارات كثيرة، ويجب التخلي عن مصادر غير كفؤة مثل الرياح في المملكة المتحدة لمصلحة الطاقة النووية. وفي الولايات المتحدة وأوروبا يزيد الأمل من الطاقة الشمسية الحرارية الخيارات المتاحة.

قد يجبرنا التغير المناخي على تطوير مصادر جديدة للغذاء والطاقة، وعلينا أن نتفاعل فورا وندرك الوقت اللازم لتأسيس شيء جديد على المستوى العالمي. سيحدد الوقت من قبل المهندسين والمخترعين، ويمكن اختصار قدرتهم بالعبارة المستخدمة من قبل محامي براءات الاختراع «الاختزال للعملي». ويبدو هذا سهلا لكنه العملية المهمة التي تحول مخططا أوليا لمخترع على الصفحة الخلفية لظرف إلى شيء قد يكون مفيدا لك في مطبخك. ويستطيع المهندسون الجيدون من خلال سلسلة طويلة من الخطوات القصيرة أن يحولوا فكرة هاوية إلى خدمة عملية متطورة. وبهذه الطريقة طورت محركات البخار الأولى ببطء حتى أصبحت الجزء الموثوق والمهم للحضارة الصناعية في القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين.

إن فتـرة التطوير بـدءا من الفكـرة الأصلية وصولا إلـى منتج قابل للتسـويق عالميا أطول بكثير مما نعتقد عادة، وبالفعل فهي في المتوسـط نحو 40 سـنة. ويسـتغرق الأمر ذلك الوقت الطويل كلـه لتطوير النموذج الأولي العامل إلى شيء يؤثر في كل شخص تقريبا. لقد أتى الاقتراح الأول للتلفاز بحدود العام 1900، لكن أجهزة التلفاز لم تدخل عالميا إلى البيوت حتى الخمسـينيات والستينيات من القرن العشـرين. وطار الأخوان رايت بطائرتهم الأولى العام 1900، لكن الأمر اسـتغرق 40 عاما أخرى قبل أن نستطيع استخدام الغلاف الجوي كوسيلة بديلة يمكننا السفر من خلالها. ويجـد أولئك الذين يغرمون بالتقانة، وبما يكتبه كتاب الخيال العلمي ذوي الخيال الواسـع من الصعب عليهم تصديق هذا على الرغم من قانون مور الذي تضاعف بموجبه شريحة الحاسوب سرعتها كل سنة ونصف السنة، لكن الأمر اسـتغرق 40 عاما من الحواسب الإلكترونية الأولى العاملة في الحرب العالمية الثانية لاستخدامها بشكل واسع في المنازل.

وربما سيسـتغرق الأمر عشر سنوات على الأقل لجعل الطاقة متوافرة حقيقـة من الطاقة الشمسـية الحراريـة أو من طاقة المـد والجزر على المسـتوى العالمي، لكـن قد تتخيل من الإعلانات اليومية المكلفة لشـركات الطاقـة أن الطاقة الرخيصـة والوفيرة الصديقة للبيئـة معروضة للبيع الآن. إنها ليسـت كذلك: فجاذبية مخططات الطاقة الخضراء هذه تكمن ببسـاطة في التغذية الراجعـة لجزء من الدعم، وليـس لأنها جيدة بحد ذاتها، أو لأنها يمكن أن تنافس في السوق بفضل مزاياها فقط. ومن النادر أن يكون التشجيع بالدعم كفئا. فدعم السفر جوا في العشرينيات لم يكن ليجعله منافسا للسفر بالقطار أو السفن. وكان على السفر جوا أن ينتظر ليتطور فهم كامـل للإيروديناميك، ولتطوير المحركات النفاثة قبل أن يقلع حقا ويحملنا جميعا على متنه.

ومن الغباء أيضا تصور أن يسـرع توجه ما، مثل مشـروع مانهاتن في أيـام الحرب، وتيرة التطور. يمكن عمليـا لمثل هذا التوجه أن يعمل جيدا لتطوير إمكانية قائمة، لكنه قد يعيق اختراعا جديدا. كان باباج في القرن التاسع عشر عبقريا ليقوم بتصميم الحاسوب الميكانيكي، ولكن لم يكن من

الممكن لأي مقدار من الدعم مهما بلغ أن يســرع تلك الخطوات الضرورية وهي اختراع الترانزستور والدارات المركبة، والتي أدت في النهاية لتطوير حاسوبك الشــخصي. ونادرا ما يكون الاســتعجال في الاختراع ناجحا. وحتى مشــروع مانهاتن في الحرب بني على الاكتشــافات ما قبل الحرب لكل من هان، وميتنر، وبيرلــز، وعلماء آخرين، وكانت نهايته بناء القنبلة، على الرغم من أنها كانت قنبلة قوية واستغرق الأمر 40 عاما منذ اكتشاف النتــرون من قبل تشــادويك العام 1932 قبل أن تصبــح الطاقة النووية مصــدرا عمليا لتزويد الطاقة على المســتوى العالمي. ولم تصبح الكهرباء من الانشطار النووي جزءا مهما من التزود بالكهرباء لكل منزل في المملكة المتحدة حتى السبعينيات.

لقد وصف الروائي س. ب. ســنو الخلاف في بريطانيا بين الإنسانيين والعلماء في كتابه «الثقافتان» (The Two Cultures). ومنذ نحو العام 1980 انتصر الإنســانيون، وانحدرت موثوقية العلماء والمهندسين وشخصياتهم. ويأتــي معظم الفشــل في التهيؤ للاحترار العالمي وعكســه من عدم قدرة سياســيين وبيروقراطيين قادرين بطرق أخرى، والذين نادرا ما يكونون من العلماء، على فهم الرســالة من العلماء والمهندسين الجيدين، والتمييز بين العلــم الأصيل والعلم البديل. وغالبا مــا تطغى الصيحات المتفائلة لرجال الأعمال وجماعات الضغط التجارية على النصيحة الجيدة والعملية. لقد أضحــى الاحترار العالمي موجودا، ولا يمكننا الانتظار أكثر من ذلك. علينا أن نبدأ بتهيئة دفاعاتنا من الآن.

فضاء الغذاء والعيش

مع ارتفاع حــرارة الأرض وجفافها وفقدان الأرض للبحار سينحشــر 7 مليارات شــخص في منطقــة من الأرض الخصبة تتناقص باســتمرار، وســتكون هناك ملاجئ على شــكل جــزر، ومناطق تبقــى منتجة للغذاء فــي القارات ولكــن فقط حيث يتوافر إمداد كاف مــن الماء. ولو كان على بريطانيا على سبيل المثال أن تكون ملجأ للأوروبيين الهاربين من الاحترار العالمي فســنحتاج إلى إمداد آمن من الغذاء والطاقة كافيين للحفاظ على

100 مليون يتغذون بشكل جيد. وبالأهمية نفسها نحتاج إلى منازل لهم ومدن ببنى تحتية كاملة للبيوت والمدارس والمستشفيات وأماكن العمل. لقد أهمل الناس في كل مكان بشكل غريب استخدام الأراضي، وخدعوا بتوافر الغذاء على المستوى العالمي بحيث إنهم ظنوا أنه سيبقى كذلك إلى الأبد. إن ارتفاع أسعار الغذاء شأنه شأن الهبوب الأول لعاصفة قوية نذير على المجاعة التي ستأتي قريبا. والآن مع انتهاء أيام الوفرة، كيف يمكننا استخدام الأفدنة المتبقية لزراعة الغذاء الذي نحتاج إليه؟

إن المردود من المزارع الحديثة أكبر بكثير من المزارع التقليدية التي أعرفها وأحبها، ولبعض الوقت يبدو أنها الطريقة الوحيدة للمحافظة على إمداد كاف من الغذاء.

مع ابتلاع العمران والمزارع الحديثة للأرض سيصبح ذلك صعبا على أولئك الذي يعشقون الحياة البرية والريف الألطف الذي استمتعنا به فيما مضى، لكن يجب أن يكون هناك مجال للعطاء ومجال للأخذ. فالمدن تحتاج إلى الحدائق، والدول تحتاج إلى حدائق وطنية. ونحن محظوظون لامتلاكنا مساقات طويلة من الطرق الوطنية تمتد خلال المناظر الرائعة ومن الطرق المؤسسة جيدا خلالها. ليست هذه المناطق لزراعة الغذاء وليست أيضا لمزارع الطاقة. وتنمو المشاتل الزراعية والأنفاق البلاستيكية الشفافة منذ فترة، ومع انحسار الاستيراد من الخارج ستزداد احتياجاتنا لزراعة الفواكه والخضراوات ومنتجات البستنة. وأتساءل عما إذا كان بإمكاننا أن نحافظ على تربية الأبقار والمواشي - وهي طريقة غير كفؤة لإنتاج الغذاء - أو فيما إذا كانت الخنازير والدواجن التي تتغذى على الفضلات ستزودنا باللحوم.

أحلم أننا سنكتشف كيفية تخليق كل ما نحتاج إليه من الغذاء من ثاني اكسيد الكربون والنتروجين والماء وبعض المعادن. وبوجود فائض من الطاقة ليس من الصعب تخليق الحموض الأمينية البسيطة والسكريات والتي هي الغذاء الطبيعي للخلايا الحية من الهواء والماء. ويمكن لهذه الحموض أن تشكل التغذية للأنسجة الكبيرة من النبات والحيوان والتي يمكن حصادها كغذاء. وبهذه الطريقة ربما قدمت شريحة وحيدة من عضلة

فخذ لثور ابرديني شـرائح اللحم لعدد كبير من الناس. (هناك نوع مشابه لهذا النوع من الغذاء المخلق موجود مسـبقا بشـكل تجاري. وهو نوع من البروتين الفطري المستنبت تبيعه الأسواق التجارية تحت الاسم التجاري كورين)، وعندها سـيتقلص تأثير الإنتاج الغذائي بحيث يمكن لمسـاحات مزروعة كاملة من الأرض أن تعود إلى غابا. وربما استطعنا بذلك أن نحرر التقانة ونعود إلى العالم الطبيعي الذي كان موجودا قبل أن نستخدم النار. وسيقدم الفشـل الكبير في إنتاج المحاصيل في المناخ السيئ في المستقبل دورا حيويـا لتخليق الغذاء. لكن مثـل أحلام التقنيات الأخرى، ليس لدينا الوقت كي نفعل ذلك الآن.

وعلـى ملاجئ مؤلفة من جزر صغيرة مثـل نيوزيلندا وهاواي واليابان وتايوان والجزر البريطانية، سـتكون الحاجة الأولى هي إسـكان الملايين مـن لاجئي المناخ، والتأكد من توافر مسـاحة من الأرض كافية لإطعامهم. وسـتتجه ميولـي نحو المدن المكتظـة التي تخيلها اللـورد روجر في كتابه «مـدن لكوكب صغيـر». إن العيش بكثافة عالية ليـس ممكنا فقط، لكنه أفضل بكثير مـن العيش في الضواحي والامتداد خارج المدن. وسـتحرر المدن الجديدة من هذا النـوع الأرض، بدلا من التنافس عليها كما يحدث الآن. وفي مثل هذه المدن المكتظة بالناس سـيكون كل ما نحتاج إليه تقريبا موجودا على مسـافة قريبة مشيا. وترينا مناطق المشاة في المدن والبلدات منذ فترة الطريقة إلى المسـتقبل. وكرجل مدمن على المشـي أحلم بمراكز للمدن في بوسطن وسـان فرنسيسكو وأوساكا ولندن وباريس أو البندقية من دون مركبات من أي نوع. كان اكتشـاف أن إنتاج الغذاء لكل فدان أكبر بأربـع مرات في الحدائق والمـزارع الصغيرة منه في المـزارع الكبيرة في الحرب العالمية الثانية مفاجأة كبيرة. وبالنسـبة إلى الكثير من الناس فإن زراعة الغذاء على مقاس شخصي صغير يحقق لهم عملا جزئيا مجديا.

يعيـش أكثر من 50 في المائة من سـكان العالم اليـوم في المدن، وفي الـدول الأغنى فإن أكثر من 90 في المائة من السـكان مدينيون. والاتجاه هو لعدد أكبر فأكبر من السكان الذين يغادرون الريف ليبدأوا حياة جديدة في المدن. وأعتقد أن مدينة تدار بشكل جيد تستهلك كمية أقل من الغذاء

والطاقــة من حضــارة مؤلفة من قرى ومزارع معزولــة، وبالتأكيد أقل من التجمعات السـكانية المتوزعة خارج المـدن التي تحيط بمعظم مدن العالم المتقــدم الآن. ويمكننا تقريبا أن نفترض أننا كلنا في العالم الأول سـكان مدن، وبالتالــي فنحن معتمدون كلية على إمداد منتظــم من الغذاء والماء والمــواد الخام والطاقة. ويذهب القليل ممن يعيش في شــقق أو بيوت في المدينــة إلى البئر للحصول على الماء، أو يزرع البطاطا ليأكل. وتقريبا مثل كائن عضوي فائق، تنمو المدينة وتمد كشــجرة شــبكاتها مــن الماء والغاز وأنابيب المجرور وأسلاك الكهرباء والاتصالات. ونحن نلحظ وجودها فقط عندمــا يتعطل إحداها رائحة كريهة من المجاري أو ماء معكر من الصنبور أو ضــوء كهربائي أو حرارة متقطعــة. وللحفاظ على هذه الإمدادات ثابتة يتطلب الأمر نظاما قويا من التحكم يســتخدم دومــا الكهرباء. لقد كانت المجارير فيما مضى تحمل فضلاتها بفعل الجاذبية الأرضية فقط لتدفق، لكــن مع نمو المدينــة أصبحت المضخات ضرورية. تشــغل هذه المضخات ومضخــات مياه الشــرب كلها مع صمامات التحكــم الخاصة بها للتحكم بالضغط كهربائيا من محطات التحكم. ونعمل القطارات التي تســير فوق الأرض وتحتها على الكهرباء، وكذلك مضخات الوقود التي تزود السيارات والشاحنات. وتمتلك الشقق والمكاتب كلها مصاعد وإنارة تعتمد على توافر الكهرباء المستمر. وكذلك هواتف الخليوي والهواتف الثابتة التي تمكننا من الحديث المســتمر. وبالإضافة إلى هذا كله هنــاك أنظمة التلفاز والمذياع، ونقــوم بلعب الألعاب، وكتابة الرســائل، وكثير من الوظائف العملية للحياة العصرية باستخدام الحواسب الشخصية، هل سمع أحد بحاسب شخصي يعمل على الغاز أو البخار؟

هــذا هو الاعتماد الكلي لســاكن المدينة على تزويد مســتمر ثابت من الكهربــاء. ومن دونه تموت المدينة وبســرعة، كما ســيحدث لك من دون أكسجين. ويستمر المواطنون في المدينة الذين يحرمون من الكهرباء بالعيش لفترة قصيرة بنشــاط محموم، لكن بلا هدف، تماما كما تفعل الخلايا في جسم مات لفوره، وخلال أسبوع فإن كل ما كان حيا سيموت. ويعود العالم الطبيعي ببطء ليستملك الجثث.

هل فكرت مرة ما الذي سيحدث لمدينة كبيرة لو انقطع التيار الكهربائي لأسبوع؟ هذا ما يمكن أن يحدث لو وضعنا ثقتنا في طاقة صديقة للبيئة تدير حياتنا. تخيل لو استبدلت التوربينات الريحية بالكامل محطات الطاقة النووية القديمة لدينا، ولو أننا حملنا الرسالة حرفيا وأغلقنا آخر محطة تعمل على الفحم الحجري من أجل «إنقاذ الأرض» وشغلنا مدننا على الرياح والغاز الروسي. إن الحفاظ على مدينة يتطلب إمدادات مستمرة وموثوقة من الطاقة. إن تحمل إمدادات متقطعة من الطاقة فقط ليس خيارا. لقد توضح هذا جيدا منذ عدة سنوات مضت على التلفاز البريطاني بواسطة برنامج هورايزن (الأفق) لهيئة الإذاعة البريطانية حول عواقب انقطاع التيار الكهربائي في لندن. قدمت القضية على شكل قصة لما يمكن أن يحدث للمدينة وسكانها إذا انقطعت الكهرباء عنها لفترة أسبوع. كان السبب المتخيل هو وقوع كارثة في أوروبا عطلت تزويد الغاز خلال الأنابيب تحت بحر الشمال، وتصادفت مع فترة طقس باردة من مضاد الدوار جعلت توربينات الرياح بلا فائدة. لقد عرفت قبل البرنامج أن حياة المدينة تعتمد بشكل كبير على الكهرباء، لكنني لم أعلم كم من أنشطتنا اليومية لا يمكن أن تتم من دونها. لقد أظهر البرنامج هشاشة أنظمة إمدادات مياه الشرب وصرف المجرور، وكيف تعتمد في عملها على الكهرباء، وكذلك الإشارات الضوئية والمضخات التي تزود محطات الطاقة بالوقود، والأسواق التجارية، وعلى الأخص براداتها. الإنارة في الشوارع والمنازل، والمصاعد في الأبنية العالية، والمستشفيات، والشرطة، بالفعل يعتمد كل شيء تقريبا على الكهرباء. لقد أظهر البرنامج كيف أن لندن تدهورت خلال أسبوع واحد إلى معسكر يعج باللاجئين الجائعين. لقد كان هذا خيالا، ولكن من النقاش مع زملاء في صناعات توليد الطاقة ونقلها ليس لدي شك في أنه كان قريبا من الحقيقة.

ولو انتقلت الأرض إلى الحالة الحارة أو قريبا منها، أحر بسبع درجات من الآن، فستتاح مساحة محدودة فقط من الأرض للأنظمة البيئية الطبيعية لنتشاركها. وربما سيكون من عدم الحكمة لنا أن نأخذ أكثر من 30 في المائة من هذه المساحة لنا، ومع السماح للتوسع والأخطاء فربما كان

من الأفضل لنا أن نهدف إلى أقل من 10 في المائة. إن الفشل في الحفاظ علــى الأنظمة البيئية في الأرض ســيترك التحكم الذاتي للأرض بالكامل إلى الأنظمة البيئية البحرية، والتي هي في عالم حار معطلة جزئيا، لتشكل طبقة علوية حارة خالية من المغذيات. وســتمتلك حضارة منضغطة بتقنية عاليــة هذه المزايا: تخليق الغذاء ســوف يقلل من تأثيرهــا على الكوكب، وســتزود الصحراء المنتشرة لهذا الكوكب الحار الكهرباء الشمسية بوفرة. وســتعطينا مثل هذه الحضــارة الفرصة لنتوقف عــن أن نكون عبئا على ضبط غايا (الأرض) والوقت لنتعلم كيف نتممه. وسيقدم مستوى عال من المعيشة لنساء مثقفات وفاعلات تحديدا آليا للنمو السكاني. ولو كانت هذه عالمية في مداها، فإن التعطيل الناتج عن الحرب قد يكون أقل احتمالا.



5

الهندسة الجيولوجية

«علينا أن نحشد مواردنا سريعا، ولو استطاع نوع آمن من الهندسة الجيولوجية أن يشتري لنا بعض الوقت، فعلينا أن نستخدمه.»

المؤلف

هناك دلائل على أنه يمكننا معالجة الاحترار العالمي بالهندسة أو بوسائل أخرى. لقد برهنا أن تجربتنا غير المخططة وغير المقصودة بإضافة كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون إلى الجو بحرق الوقود الكربوني قد سخنت الكوكب ونعلم الآن أنها كانت خطأ. هل يعني هذا أننا نستطيع علاج الاحترار العالمي بإضافة غاز آخر أو مادة تعمل العكس وتبرد الأرض؟ يعتقد العلماء بمن فيهم أنا أنه لا خيار لنا سوى أن نجرّب ذلك، ولكن من الأفضل بالتأكيد أن يتم ذلك كتجربة مخطّطة بدلا من أن تكون استجابة خائفة لفيضان مفاجئ لعدة مدن شاطئية، على سبيل المثال.

إذا عرّفت الهندســة الجيولوجية على أنها نشاط إنساني مقصود يغيّر بشــكل كبير حالة الأرض، أصبحنا مهندسين جيولوجيين مباشرة منذ أن بدأ البشــر باســتخدام النار للطبخ، لتصفية الأراضــي، ولصهر البرونز والحديد. لم يكن هناك شــيء «غير طبيعي» في ذلك، فالكائنات الأخرى كانت تغيّر الأرض بشــكل كبير منذ أن بدأت الحياة منذ 3.5 مليار ســنة. ومن دون الأكســجين الناتج من مخلقات التمثيل اليخضوري، على ســبيل المثال، لما كانت هناك نيران.

تغيّر الكائنات العضوية عالمها محليا لأســباب أنانية صرفة؛ إذا كانت الميزة التي تضيفها «الهندســة» مفيدة بشكل كاف لتسمح لها، ولأحفادها، ولبيئتها بالتوســع حتى تسيطر على المستوى العالمي. كان استخدامنا للنار بصفتها وســيلةً لقتــل الأحياء، ولتصفيــة الأرض من الغابــات الطبيعية واســتبدالها بأراض زراعية الفعل الثاني من أفعال الهندسة الجيولوجية. أمــا الفعل الثالث فكان الصناعة خــلال مائتي العام التي خلت. وبتعاونها معــا قادتنا هذه الأفعال كما قادت الأرض لكي نتطور إلى الحالة الراهنة. ونتيجــة لذلك، يعيــش معظمنا الآن فــي المدن وأصبحــت بيئتنا صنيعة الهندسة. وخلال فترة التدرب الهندسية الطويلة هذه غيّرنا الأرض، ولكننا حتى وقت قريب لم ندرك، كما هي حال مخلقّات التمثيل اليخضوري، أننا نقوم بذلك؛ وحتى أقل من ذلك لم ندرك العواقب السيئة لذلك.

ربمــا يبدو أن التقرير التقويمي الرابع للــ IPCC الذي قام به أكثر من ألف من أشــهر علمــاء المناخ في العالم، الذيــن عملوا على إعداده منذ العام 1991، ســيزودنا بمعظم ما نحتاج إلى معرفته لتعديل التغير الســلبي للمناخ. ولســوء الحظ فإنه لــم يفعل ذلك، ويقــرّ العديد من علماء المناخ بأن اســتنتاجاتهم مازالت حتى الآن غير مؤكدة. فالفجوات فــي معرفة حالة المحيطات، وذلك الجزء من ســطح الأرض المكوّن من الجليد، الغلاف الجليدي، وحتى الغيوم والمعلقات في الجو تجعل التنبؤ غير واقعي. وحتى اســتجابة الغلاف الحيوي للتغير في المناخ ولتركيب الغــلاف الجوي مفهومة بشــكل أقل. وقــد نحتاج قريبــا إلى تطبيق الهندســة الجيولوجية بصــورة تجريبية بحتــة، لأن الملاحظة الدقيقة

والقيـاس يظهران أنـه لايزال بعض أجزاء التغيـر المناخي حتى اليوم، كارتفاع مستوى سطح البحر على سبيل المثال، يحدث بسرعة أعلى من أكثر التنبؤات تشاؤما.

تقانات الهندسة الجيولوجية

تصنف طـرق الهندسـة الجيولوجية ضمـن ثلاثة أصنـاف: الطرق الفيزيائية للتحسين مثل التحكم بألبيدو (albedo) الكوكبي (كمية الإشعاع الشمسـي التي تنعكس إلى الجو)؛ والهندسـة الفسـيولوجية التي تشمل زراعة الأشـجار وتسـميد نظم الطحالب البيئية في المحيطات بالحديد، والتخليق المباشـر للغذاء من مواد خـام لاعضوية، وإنتاج الوقود الحيوي؛ وأخيرا الهندسـة الجيولوجية النشطة أو الأرضية التي تتضمن استخدام نظام الأرض البيئي لدفع العملية، أو لتغيير طبيعة التغذية الراجعة للمناخ من إيجابية إلى سلبية. وفي السياق نفسه سأصف أيضا باختصار الاقتراح بأن تسمّد المحيطات لتشجع النمو الطحلبي بخلط المياه السطحية مع المياه الغنية بالمغذيات من أسفل المستوى الذي يفصل الماء السطحي الدافئ عن الماء الأبرد في الأسفل.

تتمثـل الطريقة التي يكثـر حولها الحديث لتغييـر التوازن الحراري للأرض بعكس الأشـعة الشمسـية إلى الفضاء بإدخال معلق من قطرات حمض الكبريت إلى الغلاف الجوي. كان عالم المناخ الروسـي بوديكو أول مـن اقترح هذا في السـبعينيات، ولاتزال المزايا والمسـاوئ موضع نقاش منذ ذلك الوقت من قبل علماء بارزين بمن فيهم روبرت ديكينسـون، وبول كرتزون، وروبرت تشارلسـون، وماينرات أندريا، وكين كالديرا. يتأكسـد ثاني أكسـيد الكبريت بسرعة في الستراتوسـفير لينتج حمض الكبريت على شـكل قطرات ناعمة. هـذه القطرات صغيرة بمـا يكفي لتعوم في هواء الستراتوسفير مثل الدخان، ولتستغرق ثلاث سنوات لتترسب. كانت أقوى حجة تؤيد الاقتـراح هي أن بركان بيناتوبو حقن 20 مليون طن من ثاني أكسـيد الكبريت في الستراتوسفير. وبدا أن الاحترار العالمي الجوي توقف للسـنوات الثلاث التالية. وباسـتثناء الضرر المحلي الشديد الذي

عانتــه الفيليبين عندمــا انفجر البركان، لا يبدو أن هنــاك تغيرات بيئية مهمة تمنع استخدام مركبات الكبريت في الهندسة الجيولوجية. ويعارض العديد من علماء البيئة الفكرة على أســاس أنها تشــجع سياســة العمل كالمعتاد والإصدار المســتمر من ثاني أكســيد الكربــون. والأكثر من ذلك، أنه بينما قد تبرد درجة حرارة الهواء، غير أن ازدياد تركيز ثاني أكســيد الكربون في الهواء سيســتمر في تخريب الأنظمــة البيئية في المحيطات مــن خلال تحمّض هذه المحيطات. إنني أوافق علــى هذا التحليل، ولكن يجب أن يعتبر التحسين من هذا النوع معادلا لعلاج الفشل الكلوي بعملية غســل الكلى. إنها طريقة مفيدة لشراء الوقت، وللحفاظ على البقاء حتى يتوافر بديل أفضل. من ســيرفض غســل الكلى إذا كان الموت هو البديل؟ قد يُعتقد أن ملايين الأطنان من معلقات حمض الكبريت ســتزيد بمقدار مهــم حموضة المحيطات. ويمثل هذا أقل قلقنا لأن كمية حمض الكبريت من المعلقات ضئيلة مقارنة بالتحمض من ثاني أكسيد الكربون الذي يوجد على شكل حمض الكربون عندما ينحل في ماء البحر.

ألهمت اقتراحات إدخال الكبريت في الستراتوسفير بعض الاختراعات الذكية. وسيكون إصدار هذه المعلقات من الطائرات التجارية عندما تطير على ارتفاعات مناســبة في الستراتوسفير هو الطريقة الأسهل، كما يمكن تعديــل خزانات إعادة تزويد الطائرات المســتأجرة بالوقود لهذا الغرض. وإذا أمكن حمل مائتي طن من الكبريت إلى طبقة الستراتوسفير بمثل هذه الطائرات فإن 50 ألف رحلة لها ســتعادل بركان بيناتوبو. تشمل المركبات الكيميائية التي يمكن أن تشكل المركبات المسببة لمعلق حمض الكبريت ثاني أكسيد الكبريت، وكبريت الهيدروجين، وثاني كبريت الكربون، أو معلقا من الكبريت الغروي. المركبات الثلاثة الأولى ســامة بشكل خطير ومخرشة أو ذات رائحة كريهة لحملها على متن طائرة ركاب. وســيؤدي إطلاق طن أو اثنــين من مركبات الكبريت من معظم الطائرات التجارية إلى إنتاج مقدار كبير من المعلقات خلال بضع ســنين. وقــد لا يهم كثيرا أين يتم الإطلاق. فالبراكين الضخمة في أمكنة بعيدة مثل آيســلندة، وإندونيســيا، وأمريكا الشمالية تبعها تبريد مهم على مستوى العالم.

اقترح كل من بول كرتزون وكين كالديرا طرقا أخرى لإدخال الكبريت إلى طبقة الستراتوسفير. اقترح كرتزون استخدام المعدات الحربية: مدافع تطلق قنابل محملة بالمركبات الكبريتية. واقترح كالديرا أنبوبا بلاستيكيا خفيف الوزن محمولا من قبل بالون كوسيلة لنقل (ربما) مركب كبريت الهيدروجين بما أنه الأخف من مركبات الكبريت جميعها. ولو وصفت هذه المعالجة فسنحتاج إلى بعض التجارب الجيولوجية التشخيصية قبل استخدامها فعلا. لقد نوقش أن معلق الكبريتات يمكن أن يزيد من استنزاف طبقة الأوزون بواسطة مركبات الكلور والفلور الموجودة في الهواء. إنني أشك في أن تستخدم هذه الحجة، حتى لو كانت صحيحة، لوقف التبريد بمعلق الكبريتات. إن استنزاف طبقة الأوزون الذي كان فيما مضى مشكلة عالمية خطيرة يتناقص الآن في شدته مقارنة بالاحترار العالمي، ولو حدث فيجب اعتباره كتأثير ثانوي لمعالجة مفيدة أخرى.

اقترح لويل وود وآخرون استخدام ظل الشمس في مدار حول الشمس بالتزامن مع حركة الأرض. هناك نقطة استقرار طبيعية تسمح لظل الشمس بأن يبقى في مكانه بأقل قدر من الطاقة. وسيكون الظل غشاء مصنوعا من نسيج من ألياف الكربون الناعمة التي تنسج على شكل قرص بقطر عشرة أميال أو أكثر. وسوف يشتت هذا بضعة أجزاء في المائة من أشعة الشمس الساقطة على الأرض. ومن حيث المبدأ يمكن لهذه الطريقة أن تنجح، ولكن يبدو حتى الآن أن هناك اهتماما قليلا من قبل الوكالات ذات التمويل الكبير الذي تحتاج إليه. وتقع هذه الطريقة في التصنيف ذاته لاقتراح استخدام تقانة الفضاء لمنع ارتطام شظايا فضائية من مصدر طبيعي بالأرض، ويجب أن تتم من قبل وكالة وطنية أو دولية كبيرة.

تتمثل الطريقة الأخرى لزيادة عكس الأرض للأشعة في صنع سحب منخفضة فوق المحيطات. وستكون هذه السحب المكافئ الاصطناعي لسحب ضبابية بحرية طبيعية. اشترك جون ليثام من NCAR مع ستيفان سالتر بتصميم أجهزة بسيطة تصنّع عددا كبيرا من نوى تكاثف السحب

CCN برش مـــاء البحر. وبما أن لهذه الطريقة تأثيرات ســيئة محتملة أقل بكثير من معلقات طبقة الستراتوســفير، فيجب تجريبها بشكل كاف لتقدير قيمتها.

يبدو أنـــه ليس هناك نقص فـــي طرق الهندســـة الجيولوجية لتعديل الاحترار العالمي. لكن اســـتخدامها وحدها ليـــس علاجا، لأن تركيز ثاني أكسيد الكربون سيستمر في الزيادة ويسبب أضرارا أخرى عدا الاحترار، ولكنهـــا يمكن أن تفيد في وقف تنفيذ حكم الإعدام بينما يطور علاج آخر أكثر استدامة.

تخزين ثاني أكسيد الكربون

النوع التالي من مخططات الهندســـة الجيولوجية مؤسس على طرق لإزاحة ثاني أكســـيد الكربون إما من نواتج محطـــات الطاقة والمصادر الكبيرة الأخرى، أو بشكل مباشر من الهواء. هناك قدر كبير من البحث العلمـــي يجرى الآن، ومعظمه من قبل شـــركات الطاقة، للحصول على طريقة اقتصادية لإزاحة ثاني أكســـيد الكربون مـــن مخلفات الأفران، وهـي تبدو واعدة حتى الآن ولكنها ربما تضاعفت كلفة الكهرباء المنتجة بهـــذه الطريقة النظيفة؛ ولكن هنـاك فرصة معقولة كي يخفّض التطوير الهندسي واقتصاد الحجم هذه الكلفة. وبإزاحة ثاني أكسيد الكربون من الصعب التخلص منه نهائيا. كيف يمكننا أن ندفن ثاني أكسيد الكربون المطلق جميعه من قبل شـــركات الطاقة الكبيرة؟ تبلغ كمية الإصدارات الكلية نحو 30 غيغا طن؛ في العام ويصدر المنتجون الكبار أقل من ثلث هـــذا المقدار، نحو 10 غيغا طـــن، ولو أزيح 10 غيغا طن فإن ذلك على أفضل حال سيبطئ فقط الاحترار العالمي على المدى الطويل. ولخفض ضغـــط الاحترار العالمي بشـــكل مفيد يجب إزاحـــة معظم الفائض من ثاني أكســـيد الكربون من دورة الكربون ولا يمكن فعل هذا أبدا بالجمع مـــن المصادر الصناعية الكبيرة فقط. وتتمثل المشـــكلة الصعبة الأخرى في التخلـــص من هذه الغيغا طنات من ثاني أكســـيد الكربون الملتقطة بهـــذه الطريقة. يمكـــن الدفن تحت الأرض في خزانـــات النفط والغاز

المستعملة، وهذا هو المتبع حاليا في النرويج. وعلينا أن ننتظر ونرى كيف يتم ذلك بطريقة جيدة واقتصادية. لكن دفن كميات ضخمة من ثاني أكسيد الكربون في خزانات تحت الأرض له مخاطر خاصة. ولأن الغاز أثقل من الهواء، فإن أي هروب كبير سيتجمع عند سطح الأرض، وسوف يخنق أي شخص ضمن هذه البركة. وقد جرت حوادث طبيعية من هذا النوع في أفريقيا عندما اندلع ثاني أكسيد الكربون المضغوط تحت بحيرة بركانية إلى القرى على طول الوادي، وأدى إلى وفاة أعداد كبيرة من الناس.

إن الفكرة الأكثر إثارة لإزاحة ثاني أكسيد الكربون هي اقتراح كلاوس لاكنر بغرس أشجار اصطناعية. وتتضمن الفكرة في جوهرها استخدام صخر متوافر أو تربة لتتفاعل مباشرة إما كيميائيا أو بيوكيميائيا مع ثاني أكسيد الكربون من الجو والحصول على منتج يسهل التخلص منه، أو أفضل من ذلك، على مادة يمكن استخدامها. وسيكون أحد الأمثلة الصخر الملتوي الأرضي، وهو صخر ناري متوافر جيدا يمكن أن يتألف من 50 في المائة من أكسيد المغنيزيوم. إن الناتج وهو كربونات المغنيزيوم، عبارة عن مسحوق أبيض مستقر يمكن استخدامه كمادة للبناء أو كعنصر من مكونات الأسمنت. وهناك وصف واضح لأفكار أكثر في كتاب والي بروكر «**إصلاح المناخ**» الذي ألفه بالاشتراك مع روبرت كونزيغ.

ويبدو أن زراعة الأشجار طريقة عقلانية لإزاحة ثاني أكسيد الكربون بشكل طبيعي من الهواء، وعلى الأقل للوقت الذي تستغرقه الشجرة للوصول إلى النضج. ولكن من الناحية العملية فإن إزالة الغابات من أجل المزارع والوقود الحيوي يتم الآن بسرعة فائقة جدا بحيث إن هناك فرصة قليلة كي تلحق زراعة الأشجار بها. إن لإزالة الغابات عواقب مباشرة على المناخ من خلال تدوير الماء وعكس الأشعة الجوي وهو أيضا مسؤول عن معظم الإصدارات من ثاني أكسيد الكربون. وللزراعة بمجموعها تأثيرات مناخية تقارن بتلك الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري. ولهذا السبب يبدو من الأفضل أن تدفع مبالغ من المال لسكان الغابات للحفاظ على

الأشــجار بدلا من زراعة أشــجار جديدة على أراض أزيلت منها الغابات. هنــاك جمعية «الأرض الباردة» الخيرية لجمع الأمــوال لهذا الهدف، كما تفعــل ذلك جمعية «صندوق غابات الأميــر» في المملكة المتحدة. ومن غير المقدر بشكل كاف أن النظام البيئي هو عبارة عن مجموعة متطورة تتألف من طيف واسع من الأصناف من الأحياء الميكروية والديدان واللافقاريات إلى النباتات الصغيرة والكبيرة والحيوانات. وبينما تمتلك الأنظمة البيئية الطبيعيــة القدرة على التطور مع تغير المناخ، يمكن للأشــجار المزروعة أن تموت بسهولة.

تغطّــي المحيطات أكثر من 70 في المائة من ســطح الأرض وهي غير مســكونة. وإضافــة لذلك فمعظم مياه ســطح المحيطــات تحمل عددا قليلا من الأحياء الميكروية التــي تقوم بالتمثيل اليخضوري، لأن الأملاح والمغذيات الأخرى موجودة في الماء البارد أسفل طبقة الثرموكلاين (الحد الأدنى الفاصل للمياه الســطحية الدافئة) لا تمتزج بســهولة مع الطبقة الســطحية. توجد بعض المغذيات الضرورية كالحديد بوفرة تحت الحد الأمثــل، حتى في مكان وجود المغذيات الأخرى. لقد قاد هذا إلى اقتراح جون مارتن بأن التســميد بالعنصر المغذي النادر وهو الحديد سيســمح للنمو الطحلبي أن يزداد بحيث تبرد الأرض بإزاحة ثاني أكسيد الكربون. ويقترح أحد أكثر البحــوث حداثة أن هذه الطريقة قد تكون واعدة على الرغم من الإحباطات الأولية.

في العام 2007 اقترحت و كريس رابلي اســتخدام نظام من الأنابيب الكبيرة التي توضع بشــكل شاقولي على ســطح المحيط لسحب ماء أبرد وأغنى بالمغذيات من أســفل طبقة الثرموكلاين. كان الهدف تبريد السطح مباشرة وتشجيع النمو الطحلبي الذي يساعد في ضخ ثاني أكسيد الكربون للأســفل وأيضا لإصــدار غازات مثل ثنائــي ميثيل الكبريــت والأمينات الطيارة والآيزوبرين التي تشجع تشــكل الغيوم والمعلقات. توضع الأنابيب التــي تخيلناها بطول نحو 100 متر وبقطر 10 أمتار شــاقولية في المياه الســطحية وتزود بصمام باتجاه واحد. وســوف تمتزج الأمواج السطحية بارتفاع متر واحد في المتوسط بخمسة أطنان من المياه الباردة بالثانية.

كان قصدنا تحريض الاهتمام والنقاش حول التقانات الفسيولوجية التي ستستخدم طاقة النظام الأرضي ومصادر المغذيات لعكس الاحترار العالمي. إننا لا ندري إذا كان المخطط المقترح سيساعد على استرجاع المناخ، ولكننا اكتشفنا أن مثل هذه الأنابيب قد استخدمت تجاريا لتحسين جودة مراعي الأسماك في المحيطات. كان رد فعل المجتمع العلمي رفضا فوريا تقريبا على أساس أن استخدامها سيطلق ثاني أكسيد الكربون من المياه الأعمق إلى الجو. كنا مدركين لهذا العائق ولكننا اعتقدنا أن من المعقول أن نتوقع امتصاص النمو الطحلبي الذي يلي عملية الخلط لكمية من ثاني أكسيد الكربون أكبر من تلك التي يطلقها. وستكون الخطوة التالية الاستخدام التجريبي للأنابيب والملاحظات والقياسات.

لو نجح أي من مخططات تسميد المحيطات هذه، فمن الممكن زيادة قيمته بحصاد الطحالب، واستخلاص الغذاء والوقود منها، ثم دفن النفايات في المحيط العميق على شكل كتل أثقل من الماء. وسيزيح هذا نسبة عالية من الكربون المخلّق ويضعه على شكل فضلات غير منحلة على قاع المحيط. إن درجة حرارة أعماق المحيط قريبة من 39° ف وزمن بقاء الماء هناك هي آلاف السنين على الأقل. وسيكون الكربون المدفون فعليا خارج الدورة الكربونية. وقد يكون من الممكن أيضا دفن الفضلات الزراعية من سطح الأرض في هذه المواقع في أعماق المحيطات.

مستقبل طمر عنصر الكربون

الطريقة العملية والواعدة لإزاحة ثاني أكسيد الكربون الزائد من الهواء هي الطلب من غايا أن تقوم بذلك من أجلنا. تتطلب مخططات إزاحة الكربون جميعها منا استخدام الطاقة (والأكثر احتمالا أن تكون طاقة الوقود الأحفوري) لفعل ذلك. وحتى المجموع الكلي لإنتاجنا من التلوث بثاني أكسيد الكربون جميعه لايزال صغيرا مقارنة بما يصدر من الأرض. فنحن نصدر 30 غيغا طن في العام، ولكن غايا تصدر 550 غيغا طن. وإذا استطاعت الأرض موازنة هذه الكمية الهائلة،

ألا يمكننـــا أن نقنعها بـــأن تفعل أفضل من ذلك؟ أعتقد أنه يمكننا ذلك بإجراء تغيير بســيط على دورة الكربون. وبشـــكل عادي فإن 99.9 في المائة من الكربون الــذي تأخذه مخلقات التمثيل اليخضوري من الهواء يعاد عن طريق المســتهلكات التي تؤكســده إلى ثاني أكسيد الكربون أو تحوله إلى الميثان. إن أقدم مرجع استطعت أن أعثر عليه لطمر عنصر الكربون كعلاج للاحترار العالمي كان من قبل يوهانس ليمان في تعليق له نشـــر في مجلة نيتشر العام 2007. إن فكرة تحويل الفضلات الزراعية إلى «شـــحار» (char) (الشحار يشـــبه الفحم النباتي ولكنه يحتاج إلى كلمة مســتقلة لتمييزه لأنه ليس وقـــودا) هو الآن موضع بحث وتطوير. إن تحويل الفضلات الزراعية إلى شـــحار يغير بضربة واحدة الإصدار الطبيعي لـ 99.9 في المائة من كربون الفضلات على شـــكل ثاني أكسيد الكربـــون والميثان إلى إطلاق 10 في المائة إلى 30 في المائة فقط، وهو تحسين كبير على استخدامه المباشر كمصدر للوقود الحيوي.

لـــو حول معظم الفضلات الزراعية إلى شـــحار في المزارع يمكن دفنه في التربـــة وبتلك الطريقة تكون المحاصيل الزراعيـــة التي تخلّق الطاقة الشمسية قد أخذت ثاني أكسيد الكربون من الجو لمصلحتنا. إن استخدام القـــوة الهائلة والمجانية للتخليق اليخضوري من أجل إزاحة ثاني أكســـيد الكربون أكثر اقتصادية من اســـتخدام الطاقـــة المصنعة. وحتى ربما كان مـــن الممكن تحويـــل الفضلات من مـــزارع الطحالب فـــي المحيطات إلى شحار وتركه يسقط إلى قاع البحر. وسنكون بذلك قد حرمنا المستهلكات الطبيعية للطحالب من غذائها، ولكنها ستســـتفيد على المدى الطويل لأنه لو سمح للاحترار العالمي أن يستمر كما هو الآن فسيكون هناك القليل من المنتجين أو المستهلكين الباقين في المحيطات.

ليس من المعروف بشـــكل شـــائع أن الشـــحار خامل تماما تقريبا. فلا الأكسدة الجوية ولا فعل الأحياء الدقيقة تعيدانه إلى الجو على شكل ثاني أكســـيد الكربون. ويجعل هذا طمره في التربـــة أو المحيطات آمنا. وحتى الآن فهو الاقتراح الواقعي الوحيد الذي يمكننا بواسطته الحصول ولو على فرصة لإعادة الأرض إلى الحالة التي كانت عليها قبل أن نبدأ باســـتخدام

الوقود الأحفوري. وحتى له ميزة لأن صناعة الشحار تقدم نوعا مفيدا من الوقود الحيوي كناتج ثانوي. لقد نبهني بوران ديسي والسير غيليان برانس لأول مرة إلى هذه الفكرة الواعدة، وأنا مدين لديفيد وين الذي أتاح لي رؤية النص غير المنشور لمقاله «فرصة الشحار الحيوي». إن البحث العلمي في تطويره عمليا وهندسيا يجري الآن في مخابر شركة شل المحدودة للبحث العلمي.

إن تقنية التحسين الأخرى هي التخليق المباشر للغذاء من ثاني أكسيد الكربون، والنتروجين، والعناصر النادرة. وبما أن الغذاء متوافر بكثرة الآن يبدو هذا الاقتراح عقيما، ولكنه سيحرّر أراضي يمكن أن تعود إلى حالتها الطبيعية الأولى مع القدرة على تنظيم المناخ.

ويعتبر تخليق الغذاء والوقود السائل من ثاني أكسيد الكربون والماء باستخدام مفاعلات نووية بدرجة حرارة عالية لإنتاج المركبات الكربونية، طريقة فعالة لإزاحة ثاني أكسيد الكربون من الهواء، إلا أنه لا يعد هندسة جيولوجية.

الجيوفسيولوجيا

أشبّه في الفصلين 2 و6 النظام الأرضي بفسيولوجيا الحيوان، وأصف كيف يبقى عادة في حالة استقرار داخلي، وكيف أن النظام الأرضي مستقر ديناميكيا، ولكن له تغذيات راجعة قوية بسبب الإنتاج الضخم للكائنات الحية على سطح الأرض، وأن استجابته للتغير تشبه استجابة الكائن الحي. ومع ذلك فحتى النماذج الفيزيائية التامة للنظام الأرضي غير خطية، وغالبا لأن مواصفات الماء تفرض نقاطا حرجة خلال عمليتي التبريد والتسخين. وعلى سبيل المثال، فإن تغير الطور من الجليد إلى الماء يصاحبه تغير في عكس الأشعة من 0.8 إلى 0.2، ويؤثر هذا بقوة في المناخ كما فسر بوديكو ذلك لأول مرة. تؤثر هذه التغذية الراجعة الآن في تغير المناخ، وستستمر حتى ينصهر الجليد. وهناك تغذيات راجعة فيزيائية بحتة أخرى في النظام: فسطح المحيط ينطبق عند 54° ف إلى 57° ف. ويصبح معدل تبخر الماء من سطح الأرض

مشــكلة للنباتات عند درجات حرارة فوق 72°ف إلى 77°ف؛ وللرطوبة الجوية النســبية تأثير مباشــر كبير في حجم المعلقات وعكس الأشــعة الفعال لهــا. ويمكن أن يشــكل التأثير المركب للتغذيــات الراجعة التي تتضمن الاستجابات الفيزيائية والبيولوجية للأرض مصدر الانقطاعات الكبيــرة في المنــاخ والتركيــب الكيميائي. إن وجود هــذه الانقطاعات يصاحبه غالبا تخلف ملحوظ بين الفعل ورد الفعل - أي، تردد للانتقال من حالة لأخرى، حتى عندما تدفع إلى ما وراء نقطة القمة.

وصفــت في الفصل الثانــي نموذجا لكوكب احتلت النباتات ســطح أرضــه وتوطنت الطحالب في محيطــه - وهو نموذج أظهر تحكما ذاتيا قويــا بدرجة حرارته. ولكن مــع ازدياد تركيز ثاني أكســيد الكربون أو التدفــق الحراري حدث ارتفاع مفاجئ بمقدار تســع درجات عند 450 ج. ب. م. من ثاني أكسيد الكربون؛ وكان هناك فعل ورد فعل ملحوظان، ولــم يعد خفض درجة الحرارة أو التدفق الحراري فورا إلى الحالة التي كانــا عليها قبل الانقطاع. ويشــير تصرف هذا النمــوذج الجيوفيزيائي البســيط وتاريخ المناخ الأرضي الحديــث اللذان ظهرا من تحليل عينات لــب الجليد إلى مناخ وتركيــب جوي يتذبذبان بشــكل مفاجئ، كما هو متوقــع من نظام ديناميكي بتغذية راجعة إيجابية. وســيفكر المهندس أو الفســيولوجي الذي ينظر إلى الاســتجابة التاريخية للنظام الأرضي أنه مــن غير الحكمة افتراض أن من الممكن عكس التغير المناخي ببســاطة بتقليص الإصدارات أو بالهندسة الجيولوجية.

يقترح تاريخ الأرض على المدى الطويل وجود حالات مســتقرة ساخنة وباردة يشــير إليها الجيولوجيــون على أنها بيوت الخضــراوات والبيوت الجليديــة. وبينهما هناك فترات شــبه مســتقرة كالفتــرة الحالية ما بين عصريــن جليديين. حدث البيت الحار الأكثر شــهرة منــذ 55 مليون عام مضــت، قرب بداية الفترة المعروفة للجيولوجيين بالأيوســين. وقد عرفت بذلك لأنها أشــرت علــى بداية ظهور(*) الحيوانــات الثديية الكبيرة. كان الأيوســين حارا بالمقاييس الحالية، وسبَّب حادث جيولوجي إطلاق ما بين

(*) ايوس (EOS): ايوس كلمة إغريقية تعني فجر. أو بداية. [المحررة].

1 و2 تيرا طن من ثاني أكسـيد الكربون إلى الهواء (التيرا طن يعادل مليون مليون طن). سـبّب وضع هذه الكمية الكبيرة من ثاني أكسيد الكربون في الهـواء ارتفاع درجة حرارة المناطق المعتدلـة والقطبية بنحو 15°م ودرجة حرارة المناطق الاسـتوائية بين 9 و15°م. واستغرق الأمر نحو مائتي ألف سـنة لعودة الظروف إلى حالتها السابقة. وعاجلا سنكون قد أطلقنا كمية مكافئة من ثاني أكسـيد الكربون إلى الجو، وقد تطلق الأرض نفسها كمية مساوية مرة أخرى.

هناك دليل قوي على ارتفاع درجة الحرارة وثاني أكسيد الكربون بشكل حاد في حقبة الأيوسـين، لكن السـبب يبقى غير مؤكد. كانت الفرضيتان المفضلتان هما الإطلاق المفاجئ لكمية كبيرة من الميثان من انحباسها غير المسـتقر في بلورات تدعى «كلاثيرات». والميثان هو نفسه غاز دفيئة قوي، لكنه يتأكسـد بسرعة إلى ثاني أكسـيد الكربون. ويتعلق الافتراض الثاني باقتحـام اللافا المنصهرة تحت توضع بترولي في المحيط القطبي. ويعتقد أن الحادث الذي سـبب الارتفاع الكبير في ثاني أكسيد الكربون في الجو منـذ 55 مليون سـنة كان أبطأ من الآن: ربما حقنـت المركبات الكربونية الغازية إلى الجو خلال فترة 10 آلاف سـنة، بدلا من نحو مائتي سنة كما حدث أخيرا. وقد تكون للسـرعة الكبيرة التي تضاف فيها غازات الكربون إلى الهواء قوة التخريب ذاتها للكمية التي تضاف. فالتلوث السـريع يعطي الأرض وقتـا قليلا لتتأقلم، وهذا مهم بشـكل خاص بالنسـبة إلى النظم البيئيـة في المحيطات: فالتراكم السـريع لثاني أكسـيد الكربون في المياه السطحية يجعلها حامضية جدا للكائنات الحية التي تشكّل الأصداف. ولا يبدو أن هذا قد حدث خلال الحادث الذي جرى في العصر الأيوسـيني، ربما لأنه كان هناك وقت للمياه العميقة الأكثر قلوية أن تختلط وتعدّل المياه السطحية للمحيطات. وعلى الرغم من الفارق الكبير في فترات حقن ثاني أكسـيد الكربون، فربما حصل التغير في درجـة الحرارة بنحو 9 درجات عالميا منذ 55 مليون سنة بالسرعة التي قد يحدث بها قريبا. ومن المحتمل أن يحدد الوقت المسـتغرق للانتقال بين حالتي النظام بمواصفات النظام أكثر من معدل إضافة الحرارة المشعة أو ثاني أكسيد الكربون.

هناك اختلافات بين الأرض منذ 55 مليون سنة والآن. كانت الشمس أبرد بـ 0.5 في المائة ولم تكن هناك زراعة في أي مكان، ولذا كانت النباتات الطبيعية حرة للتحكم بالمناخ. وهناك فارق آخر وهو أن العالم لم يكن يعاني التعتيم العالمي - الـ 3-5° من التبريد العالمي بسبب المعلقات الجوية الناتجة عن التلويث البشري.

الطب الكوكبي والأخلاق

ما المخاطر الكوكبية الصحية للتدخل الجيوهندسي؟ لا شيء نعمله يمكن أن يصيب الأرض بالعقم، ولكن عواقب التدخلات على مستوى الكوكب يمكن أن تؤثر كثيرا في الإنسان. يشبه وضع المهندسين الجيولوجيين المفترضين وضع الأطباء قبل العام 1940 . وفي كتابه «**المهنة الأحدث**» وصف الطبيب لويس ثوماس بروعة العمل في مجال الطب قبل الحرب العالمية الثانية. كانت هناك خمسة أدوية فعّالة متوافرة فقط: المورفين للألم، والكوينين للملاريا، والإنسولين للسكري، والديجيتاليس لأمراض القلب والأسبرين للالتهاب، ولم يكن يعرف إلا القليل حول طريقة عملها. وبالنسبة إلى الأمراض الأخرى جميعها تقريبا لم يكن هناك أي شيء متوافر سوى العلاجات المزعومة المكونة بسرية (nostrums) والكلمات المريحة. في ذلك الوقت، وعلى الرغم من وجود علم تشريح مؤسس جيدا، كنا لانزال جاهلين بالجسم البشري أو بالعلاقة بين المضيف والطفيليات التي يملكها مع العضويّات الأخرى. لقد أدرك الأطباء الحكماء أن ترك الطبيعة تأخذ مجراها من دون تدخل، سيسمح غالبا للتحكم الذاتي الطبيعي بأن يقدّم العلاج. ولم يكونوا ضد ادعاء الفضل لمهارتهم عندما يحدث هذا. أعتقد أن الشيء نفسه قد يكون صحيحا بالنسبة إلى الطب الكوكبي: إن جهلنا بنظام الأرض كبير جدا وهو يتفاقم بالميل لتفضيل النمذجة على التجارب والملاحظة والقياس.

لم يكن الاحترار العالمي ليحدث لولا النمو السريع في أعداد البشر وثروتهم. ولو فشلنا في الحد من الاحترار العالمي يمكن للكوكب أن يتخلص منا بقوة وقسوة وبالطريقة العنيفة نفسها التي تخلّصنا فيها من العديد

من الأصناف عن طريق تغيير بيئتها إلى بيئة تجعل بقاءها أمرا صعبا. ولكن علينا قبل البدء بالهندسة الجيولوجية أن نسأل: هل نحن موهوبون بما يكفي لنقوم بما يمكن أن يصبح المهمة المستمرة للحفاظ على الأرض مستقرة داخليا؟ فكر بما يمكن أن يحدث لو بدأنا باستخدام المعلقات في الستراتوسفير لتخفيض الاحترار العالمي - حتى لو نجح ذلك فلن يطول الوقت قبل أن نواجه مشكلة إضافية بتحميض مياه المحيطات. وسيحتاج هذا إلى علاج آخر، وهكذا دواليك. وقد نجد أنفسنا عبيدا في عالم عبثي كافكائي (نسبة إلى الكاتب كافكا) لا يمكننا الهروب منه. والبديل هو قبول التخلي الطبيعي عن أعداد ضخمة من البشر والرجوع إلى أرض تتحكم بنفسها بحرية.

مهما فعلنا كمهندسين جيولوجيين فمن غير المحتمل أن يتوقف التغير المناخي الخطير أو يمنع الموت على مستوى يجعل الحروب والمجاعات والكوارث السابقة كلها صغيرة، ولكن الاستمرار في صيغة «العمل كالمعتاد» يمكن أن يكون أسوأ، وربما سيقتل معظمنا خلال هذا القرن. علينا أن نعتبر بجد أن الخيار الأفضل - كما في حالة الدواء في القرن التاسع عشر - ربما يكون كلمات طيبة ومسكنات ألم، ولكن بطريقة أخرى عدم فعل شيء وترك الطبيعة تأخذ مجراها.

إن الاستجابة الطبيعية لمثل هذه الواقعية المرة هي الاستسلام: «إذن لا أمل لنا، ولا يمكننا فعل شيء لنتجنب مصيبتنا؟». هذا أبعد ما يكون عن الحقيقة. نستطيع أن نتأقلم مع التغير المناخي، وسيسمح لنا هذا بأن نفعل الأفضل بالنسبة إلى مناطق اللجوء في العالم التي ستنجو من أسوأ ظروف الحرارة والجفاف. علينا أن نحشد مواردنا سريعا، ولو استطاع نوع آمن من الهندسة الجيولوجية أن يشتري لنا بعض الوقت، فعلينا أن نستخدمه. وستبقى أنحاء من العالم كالجزر المحيطية وحوض القطب الشمالي والواحات في القارات قابلة للعيش في العالم الحار. ونحن في حاجة إلى السكن فيها، وأن نتأكد من أنها تمتلك موارد كافية من الغذاء والطاقة للحفاظ علينا كنوع من أنواع الحياة.

لم يحدث خلال الاحترار العالمي في الأيوسين الأول هلاك كبير للأصناف، وقد يكون هذا نتيجة توافر الوقت الكافي للحياة كي تهاجر إلى مناطق أبرد بالقرب من القطبين الشمالي والجنوبي، وأن تبقى هناك حتى يبرد الكوكب مرة أخرى. قد يحدث هذا مرة أخرى حيث بدأ البشر والحيوانات والنباتات بالهجرة منذ فترة. وقد تنجو اسكندنافيا والمناطق المحيطية في شمال أوروبا كالجزر البريطانية من أسوأ حالات الحرارة والجفاف التي يجلبها الاحترار العالمي. ويضع هذا علينا مسؤولية خاصة في أن نبقى على قيد الحياة، ولكن أيضا أن نقدم ما أمكن الملجأ للاجئين المناخيين من أماكن أبعد.

ربما كانت القيمة الأعظم لمبدأ غايا في استعارته لأرض حية، تذكّرنا بأننا جزء منها، وأن عقدنا مع غايا ليس حول حقوقنا فقط، ولكنه يتضمن واجباتنا أيضا.



6

تاريخ نظرية غايا

«إن فهم غايا يتطلب معرفة غريزية بدينامية الأنظمة وهي تعمل، وليس هذا جزءا طبيعيا من علم الأرض أو الحياة»

المؤلف

وردت فكرة علم النظام الأرضي، والذي يعني أرضا تنظم نفسها ذاتيا من خلال مجتمع من الأحياء الحية المتحكمة، إلى ذهني في مختبر المحرك النفاث في كاليفورنيا في سبتمبر من العام 1965، ونشرت أول ورقة تذكر ذلك في مجلة العلوم الفلكية الأمريكية العام 1968. كان عنوان الورقة «**أجواء الكواكب: تغيرات التركيب والتغيرات الأخرى المرتبطة بوجود الحياة**». لم تلحظ الورقة تقريبا، وتعلقت بشكل رئيس بتحليل الغلاف الجوي كتجربة لاكتشاف وجود الحياة خارج الأرض. لكن سأقدم هنا فقرتين من تلك الورقة توضّحان كيف ظهرت فرضية غايا في الفترة قبل أن تنال اسمها:

لو كان الغلاف الجوي للأرض اختراعا بيولوجيا، فمن الطبيعي أن نعتبر أن تركيبه سيبقى عند تركيز أفضل أو قريب من الأفضل للنظام البيئي. فمناخ الأرض، على سبيل المثال، يعتمد بشدة على الضغط الجوي، أي على الكمية الكلية للأكسجين والنتروجين وعلى تركيز الغازات التي تمتص الأشعة تحت الحمراء مثل ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء. يقع تركيز هذه العناصر بشكل مباشر أو غير مباشر تحت التحكم البيولوجي. ولذا لن يكون تخمينا غير معقول اعتبار احتمال الحفاظ على مناخ الأرض قرب الحالة الأمثل للنظام البيئي.

ومن المفيد السؤال: لماذا يحافظ على تركيز 21 في المائة للأكسجين؟ في الحقيقة فإن الطاقة اللازمة لإشعال المركبات العضوية تتغير بنحو 70 في المائة عند تغير 1 في المائة في تركيز الأكسجين في الغلاف الجوي. وقد تكون الحياة عند تركيز 25 في المائة من الأكسجين صعبة جدا، وخاصة بالنسبة إلى الأشجار. وقد تثبت إزاحة الأكسجين نتيجة لحرائق الأعشاب والغابات الحد الأعلى للتركيز عند 21 في المائة، ولكن يبدو أن الحفاظ على تركيز الأكسجين عند قمة عظمى هو الأكثر احتمالا.

إذن، فقد ولدت نظرية غايا عند ذروة العصر الجديد - المعاصر للودستوك وفرقة البيتلز، والذي ربما يفسر سبب اعتبار العديد من العلماء لها أنها جزء من تخمة العصر الجديد بالهراء في ذلك الوقت. ولكننا لم نكن كلنا هيبيين مع صديقاتنا محبات موسيقى الروك. كان هناك برنامج الفضاء الذي وصل إلى ذروته بالهبوط على سطح القمر، وفورة في استكشاف الكواكب بالأقمار الاصطناعية، واكتشاف الدنا (DNA) والشيفرة الوراثية. وشهدت الستينيات المواجهة الكارثية تقريبا بين القوى العظمى حول الصواريخ المركبة في كوبا، ونهاية الفصل العنصري في الولايات المتحدة، وكثيرا من التغيرات السياسية العنيفة، وكانت عصر النزاع المؤلم بين الآراء القديمة والجديدة حول العالم.

فضلا عن تصادف مولدها في العصر الجديد، كانت نظرية غايا فكرة ثورية جدا كي تقبل فورا، وكان عليّ ألا أتوقع ذلك حتى تجمع كمية معتبرة من الأدلة والنظرية؛ وفي الواقع لم ينل المبدأ قبولا جزئيا من الجمهور العام حتى العام 2001، أي بعد مضي ست وثلاثين سنة. لقد ملت العام 1990 أن أقبل بالهزيمة وأن أستقر على مصطلح مهدئ مثل «علم نظام الأرض» أو أقبل علما باسم مركب مثل الكيمياء الجيوحيوية. ولكن كما وصف فريد بيرس ذلك بدقة، في مقال له في نيوسيانتست عام 1994، فقد استمعت إلى أصدقائي، جوناثان بوريت، وماي وان هو، وماري ميدجلي. وربما حيدت «الدقة علميا» بالنسبة إلي أن أتخلى عن كلمة غايا، ولكنها كانت ستكون استسلاما، أعلم أنه خاطئ، للتبعية. إنني سعيد لأنني بقيت مخلصا لمصطلح غايا أكثر من أربعين عاما. وربما لو لم أقابل بيل غولدينغ وتركت أفكاري تدعى بالمصطلح الباهت وغير الملهم «فرضية النظام الأرضي»، وهو المصطلح الذي أشرت إليه في ورقة لي العام 1968، فلن يقرأ علماء الأحياء أبدا الأوراق التي تلت والتي أزعجتهم كثيرا. وربما عرف العلم عندئذ قبل ثلاثين عاما الطبيعة الحقيقية لتهديد المناخ الذي نواجهه اليوم، ولكان لديه الوقت لاتخاذ الإجراءات المناسبة.

في العلم تُطوّر فكرة ما إلى مستوى الفرضية عندما تحتاج ناحية معينة من دليل جديد وموثوق إلى تفسير. وبالنسبة إلى نظرية غايا أتى الدليل الجديد من التحليل المفصّل لتركيب الغلاف الجوي للمريخ والزهرة اللذين ظهرا من طيف الأشعة تحت الحمراء للكوكبين، واللذين التقطا في مرصد بيك دو ميدي في فرنسا من الزوجين الفلكيين بيير وجانين كونز. نشر كونز هذه المعلومات في سبتمبر العام 1965، وتلقيناها في مختبر الدفع النفاث بناسا، وقبل هذا حاججت بأن الطريقة الأسهل لمعرفة ما إذا كانت هناك حياة على المريخ هي ببساطة قياس التركيب الكيميائي لغلافه الجوي. كانت حجتي هي إذا لم تكن هناك حياة على سطح الكوكب فسيكون الغلاف الجوي قريبا من التوازن الكيميائي، أي لا تنتج أي طاقة من تفاعل الغازات في الغلاف الجوي بعضها مع البعض. وبالمقابل لو كانت هناك حياة على الكوكب فستكون الكائنات الحية مضطرة إلى استخدام

الغلاف الجوي، وهو الوسط المتحرك الوحيد على المريخ، مصدرا للمواد الخام ومكانا لطرح الفضلات. وسيجعله مثل هذا الاستخدام للغلاف الجوي مختلفا جدا عن الغلاف الجوي المتوازن لكوكب ميت. أظهرت البيانات الطيفية الملتقطة من قبل كونز حول الزهرة والمريخ أن غلافيهما الجويين يتألفان من ثاني أكسيد الكربون بالكامل تقريبا، وأن الأكسجين والنتروجين ..... إلخ كانا عند مستويات منخفضة. وافتقر هذان الغلافان الجويان إلى أي نشاط كيميائي وبالتالي كانا قرب التوازن الكيميائي، وفق فرضيتي فليست هناك وفرة في الحياة عليهما.

كانت الأرض كوكب التحكم، الكوكب الذي كنا متأكدين من وجود الحياة عليه، وغلافه الجوي غير متوازن بعمق. لدينا أكسجين وميثان في الوقت نفسه عند تركيز 21 في المائة حجما و1.5 جزء بالمليون على التوالي. وبوجود أشعة الشمس يتأكسد الميثان، وبعد نحو عشر سنين فقط يستنفد 67 في المائة منه. ومع ذلك كان تركيز الميثان ثابتا تقريبا، كما تظهر تحاليل عينات لب الجليد، لملايين السنين الماضية كما هي حال الأكسجين. وتوحي مثل هذه الثباتية بدرجة من عدم التوازن باستحالة فلكية. أي أن حدوث مثل هذا الاستقرار مصادفة غير ممكن إطلاقا. وتنطبق استحالات مماثلة على وجود غازات أخرى: النتروجين، وثاني أكسيد الكربون، وأكسيد النتروز ... وهكذا. والاستثناءات الوحيدة هي الغازات النادرة كالأرغون، والهيليوم والزينون غير النشطة كيميائيا. وبما أن الغازات جميعها عدا النادرة منها إما أن تخلق من الأحياء أو تعالج فيها، أستطيع أن أقدم فرضية غايا التي تقول إن تركيب الغلاف الجوي للأرض يبقى في حالة توازن ديناميكي نتيجة وجود الحياة؛ وأكثر من ذلك لو استطاعت الأحياء التأثير في تركيب الغلاف الجوي فإنها قد تستطيع تنظيم مناخ الأرض لتجعله ملائما للحياة. كان معروفا في الستينيات أن الشمس ازدادت حرارتها بـ 25 في المائة على الأقل منذ بدء الحياة منذ 3.5 مليار سنة مضت، وكانت هناك حاجة إلى التحكم للحفاظ على قابلية الأرض للحياة. نشرت الفرضية في مجلات محكمة في أواخر الستينيات وأوائل السبعينيات.

دعيت في أوائل السبعينيات إلى زيارة لين مارغوليس في مختبرها في بوسطن. لم تكن لين غريبة عن الجدال وحاربت بشدة لتأسيس فرضية الطفيليات، التي أصبحت الآن حكمة تقليدية، لكنها في وقتها بدت موضع جدال كما هي حال فرضية غايا. وبطريقة ما شكلنا خلية ثورية صغيرة في عالم من العلماء المحافظين بالنسبة إلى الأرض والحياة. ساهمت لين بشكل كبير في مبدأ غايا بتأكيدها أهمية الأحياء الدقيقة في تطور كوكبنا. لقد أوضحت أنه خلال 2 - 3 مليارات سنة من بدايتها كانت الأحياء - كل أشكال الحياة على الأرض - على شكل أحياء دقيقة. وفقط خلال الـ 500-900 مليون سنة التي مضت مارست الأحياء متعددة الخلايا دورا. ومن دون لين لم يكن سيتاح لي الالتقاء بعلماء الأرض البارزين الذين عارضوا ما كان في ذلك الوقت فرضية غايا : هـ. د. هولاند، أستاذ الجيولوجيا في جامعة هارفارد، وجيمس ووكر، من جامعة ييل. لقد رفض كلاهما فرضية غايا، ولكن كما هي حال العلماء الجيدين كانا مستعدين للنقاش حولها. وكما هو الغالب في المعارك يستمتع المتحاربون بعد انتهاء الحرب بتبادل خبراتهم، وبفعل هذا أصبح ديك هولاند صديقا لي يوافق على الاختلاف، وقد أغنى بكرم الاجتماعات التي عقدتها مع ساندي في كلية غرين في أكسفورد. كان انتقاد هولاند الرئيس والذي عبر عنه في كتابه الرائع «التطور الكيميائي للغلاف الجوي والمحيطات»، هو ببساطة أنه لا حاجة لغايا كي تفسر جيوكيمياء الأرض، فعلم الأرض يكفي وحده.

كان جيمس ووكر، وجيم كاستنغ، وب. هييز من أوائل من اقترح آلية لتثبيت درجة حرارة الأرض وتركيز ثاني أكسيد الكربون أوائل الثمانينيات، لكنهم مثل هولاند اعتقدوا أن من الممكن تفسير التحكم في الجيوكيمياء فقط. لقد استخدموا الحقيقة المؤسسة جيدا وهي أن هناك مصدرا وحيدا لثاني أكسيد الكربون - البراكين والعمليات التكتونية ومصرف واحد فقط - إزاحة ثاني أكسيد الكربون من الهواء بانحلاله بماء المطر وتفاعله مع الصخر الذي يحتوي على سيليكات الكالسيوم (البازلت والغرانيت). إن نواتج هذا التفاعل هي المركبات المنحلة في الماء مثل بيكربونات الكالسيوم وحمض السيليس اللذين ينتقلان عبر المياه الجوفية والأنهار إلى المحيطات.

لقد فسرا التحكم بملاحظة أنه عندما ترتفع درجة الحرارة يتبخر المزيد من الماء ويهطل المزيد من الأمطار التي تزيد من تفاعل تجوية الصخور، وبالتالي تخفّض كمية ثاني أكسيد الكربون في الجو. هذه عملية ديناميكية بتغذية راجعة ضمنية سالبة يمكن أن تثبت درجة الحرارة وتركيز ثاني أكسيد الكربون. ولذلك اقترحا أن أرضا من دون حياة يمكنها أن تتحكم في درجة حرارتها عند مستويات قابلة لحياة الأحياء.

عندما سمعت ووكر لأول مرة يصف هذه الآلية في مؤتمر داهلم في برلين أوائل الثمانينيات بدت بالتأكيد مقبولة، وفي حديث له بعد ذلك قال إن دافعه كان بشكل رئيس إثبات أنه لا حاجة لغايا إلى التحكم الذاتي وأن الجيوكيمياء يمكنها أن تفعل ذلك وحدها. في ذلك الوقت كان أندرو واطسن، الذي هو الآن أستاذ البيو - جيوكيمياء في جامعة انغليا الشرقية، يعمل معي كطالب دراسات عليا، وخطر لنا أن الصخور تحتوي في الواقع دوما على الميكروبات وأحياء دقيقة أخرى على سطحها، والأهم على التربة حيث توجد أجزاء من الصخور في نظام بيئي غني ذاتيا، وله غلاف جوي داخلي أغنى بثلاثين مرة بثاني أكسيد الكربون من الهواء. يمكن لمعدل التجوية في هذه الظروف أن يكون أكبر بكثير من التجوية لصخور مكشوفة جرداء. نشر تايلر فولك ود. شفارتزمان ورقة في «نيتشر» العام 1989 أكدت تخميننا بواسطة تجربة مباشرة في الأنبوب. استجابت الأحياء الدقيقة في نظام بيئي لارتفاع درجة الحرارة بالنمو بصورة أسرع، وسحبت النباتات ثاني أكسيد الكربون من الهواء، وفي التربة أنتجت كمية أكبر من ثاني أكسيد الكربون من الأحياء المستهلكة. ويزداد تدفق ثاني أكسيد الكربون من الهواء إلى الصخور، وتتقدم التجوية بسرعة أكبر، وبالتالي بدلا من أن يضاف ثاني أكسيد الكربون المنتج إلى الجو يزاح بالتجوية. تخفض إزاحة ثاني أكسيد الكربون من الهواء درجة الحرارة، ويستقر النظام عند توازن ديناميكي قريب من الوضع المثالي لنمو النبات. والأحياء الدقيقة في المحيطات ضرورية أيضا لإرجاع ثاني أكسيد الكربون المحمول في الأنهار على شكل بيكربونات الكالسيوم إلى كربونات الكالسيوم، الذي يستقر كرواسب على قاع المحيط. العملية كلها التي يمكن

أن تدعـــى بالتجوية البيوجيوكيميائية للصخور، هـــي آلية غايا وتبدو أنها الأكثر احتمالا لتكون أساس التحكم في درجة الحرارة في العالم الواقعي. لكننا مدينون لووكر وزملائه بتوجيهنا إلى الطريق الصحيح.

كان علـــى دليل تحكم الأرض ذاتيا في تركيز ثاني أكسـيد الكربون أن ينتظر حتى العام 2008، عندما نشـــر العالمان الأمريكيان ريتشـــارد زيب وكين كالديرا ورقة في مجلة «نيتشـــر» لعلوم الأرض بينا فيها أن السـجل طويل الأمد لتوافر ثاني أكسيد الكربون ودرجة حرارة الأرض المستنتج من قياس الغازات في عينات لب جليد القطب الجنوبي أظهر تحكما ذاتيا في درجة الحرارة وثاني أكسـيد الكربون لمئات الآلاف من السنين. ويقدم هذا الدليل، لو تأكدت صحته، دعما رائعا لنظرية غايا، لكن المؤلفين أشارا إلى نموذج ووكر الجيوكيميائي فقط كآلية للتحكم.

لا توجد عداوة مع علماء الأرض تتعلق بمناقشـــاتي فيما إذا كان تحكم الأرض ناتجا عن الجيوكيمياء أو عن نظرية غايا. في الكتاب الرائع «نظام الأرض» المؤلف من قبل لي كامب، وجيمس كاســـتنغ، وروبرت كرين، يظهر المؤلفون الصداقة التي تميز علاقاتنا بعضنا ببعض. ويعود سبب الاختلاف غالبا إلى الطبيعة الاختزالية والمنظمة لعلوم الأرض والأحياء. ويجعل هذا من الصعب التشارك في الأفكار حول غايا. وكما أرى فإن فهم غايا يتطلب معرفـــة غريزية بدينامية الأنظمة وهي تعمل، وليس هذا جزءا طبيعيا من علم الأرض أو الحياة.

يمكـــن للجيولوجيـــا أن تكون مهنة ممتعـــة، وعلى الأخـــص إذا كنت تســـتمتع باكتشـــاف البرية وقضاء وقت فيها. كان بعـــض أمتع الرحلات التي قمت بهـــا في الريف بصحبة الجيولوجـــي الأمريكي روبرت كاريل. وبمطرقتـــه كان يقطع جزءا صغيرا من الصخر من ســـطح جرف ويظهر منشـــأها، ثـــم يخبرني كيف أنه منذ بضع مئات الملايين من الســـنين كان هنـــاك عالم من الحرارة الشـــديدة والرمال المتحركـــة حيث نقف، أو من السهول الجرداء على حافة نهر جليدي كبير. وبالنسبة إلى علماء الأرض كان عالمهـــم مرضيا حتى هددت نظرية غايا بتخطئة تفســـيراتهم الأنيقة أو تعقيدها. وينطبق الشـــيء نفسه بالنسبة إلى علماء الأحياء الحقليين،

ولذا ليس من المستغرب أن تكون نظرية غايا غير محبوبة. ولولا العواقب الخطيرة المميتة لاستخدام النظرية الخاطئة، لما كان الخلاف أكثر من التقدم العادي البطيء للفهم العلمي.

من الطبيعي مناقشة فرضية جديدة، لذا ما الخطأ الذي حصل؟ لماذا ألقيت فرضية غايا في سلة المهملات؟ بدأت المشكلة العام 1979 عندما كتب عالم الأحياء الكندي فورد دولتل نقده الممتع والمكتوب جيدا لغايا. ومن المثير أنه اختار أن ينشرها في مجلة العصر الجديد الأمريكية «كوايفوليوشن كوارترلي» التي يحررها ستيوارت براند. ربما يتظاهر العلماء بإلقاء اللوم على العصر الجديد، لكن هذا لا يمنعهم من قراءة ما تنشره، وبسرعة أدير وجه غايا إلى الحائط، خاصة لدى مجتمع علماء الداروينية الجديدة. ولم يستطع لين مارغوليس ولا أنا أن نقدم دفاعا مقنعا - جزئيا، لأن فرضية غايا، كما عبرنا عنها، كانت مخطئة. قلنا إن الأحياء، أو الغلاف الحيوي، تتحكم في مناخ الأرض وتركيب الغلاف الجوي، وبعد بعض الوقت أظهر ريتشارد داوكينز في كتابه «**الفينوتايب الممدد**» أن هذا مستحيل. لقد قالها بشكل جيد وواضح جدا، بحيث اعتبر الموضوع من المجتمع العلمي بعدها منتهيا. داوكينز مؤلف موهوب ومقنع بشكل غير عادي، وقد صب احتقاره في كتابه على فرضية غايا بالحجج القوية نفسها التي يستخدمها الآن لانتقاد علم اللاهوت. ومنذ ذلك الوقت أصبح من المستحيل نشر أي ورقة عنها في مجلة معروفة. كان المحكّمون مقتنعين من قبل داوكينز وعلماء الأحياء البارزين الآخرين بأن غايا مجرد وهم من أوهام العصر الجديد. لقد صدمت بهذا الرفض لأنني وجدت المحكمين مسبقا متعاونين، ومن النادر أن ترفض مجلة ورقة علمية لي. بدا في الثمانينيات أن هذا شيء سيئ كالرقابة، حتى علم محرر نيتشر، جون مادوكس، أن الورقة التي كتبتها مع جون واطسن عن نموذج عالم زهر الأقحوان قد رفضت في أثناء غيابه. لقد كتب إلي يطلب مني أن أرسل الورقة التالية عن غايا له شخصيا وسرا. ووعد أنها لو كانت بنوعية الورقة حول نموذج عالم زهر الأقحوان فإنها ستنشر في نيتشر. لقد بر بوعده، وكانت النشرة التالية عن الموضوع هي التي كتبتها مع روبرت تشارلسون،

ومابنرات أندريا، وستيفان وارين حول العلاقة بين السحب ونوى التكاثف وثاني ميثيل الكبريت ومصدرها، وهو الطحالب البحرية.

قبلت انتقاد داوكينز بأنه لا يمكن للأحياء أو للغلاف الحيوي أن يتحكما في أي شيء أكثر من مظاهر أحيائها الفردية المكونة لها. إذن ما الذي يصنع التحكم بحق السماء؟ لم يكن لدي شك في أن المناخ والكيمياء قد نظما، فما الذي فعل ذلك إن لم تكن الحياة؟ كما شرحت مسبقا، كان علماء الأرض التقليديون بزعامة جيمس ووكر وهـ. د. هولاند متأكدين أن التحكم كان من قبل الجيوكيمياء والجيوفيزياء فقط، وأن الحياة كانت مجرد راكب أو على الأكثر مساهم. لكن البرهان القوي على عدم التوازن الكبير في تركيب الغلاف الجوي جعل تفسيراتهم البسيطة مستحيلة. إن ثرموديناميك تفاعل الغازات وحركيتها يجعلان توافر الأكسجين والميثان المتزامن عند تركيزهما الملاحظ، وأكسيد النتروز والتركيز المنخفض لثاني أكسيد الكربون غير قابلة للتفسير كلية بالعمليات غير العضوية فقط.

كنت متأكدا كما يمكن لأي عالم من أن حجة وجود تحكم - ذاتي المستنتجة من اللاتوازن للغلاف الجوي صحيحة؛ وأكثر من ذلك فقد توافرت حتى الآن دلائل من الأرض أكدت العديد من تنبؤات نظرية غايا. وبالنسبة إلي كان من الواضح أن علم أحياء ريتشارد داوكينز البحت، أو كيمياء الجيوكيميائيين البحتة، لا يمكنها تفسير الأرض. ثم تساءلت: ماذا لو أن نظام الحياة بكامله المتصل بشدة مع بيئته قام بذلك؟ خطر لي العام 1979 أن اعتراضات علماء الأحياء ستنهار لو ثبت أن المتحكم هو نظام الأرض المكون من أنواع الحياة كلها بأكمله، بما في ذلك الهواء، والمحيطات، والصخور السطحية، وليست الكائنات الحية وحدها. ويتطلب برهان هذا إجراء تجربة على الأرض بكاملها. وبالفعل كان هذا يحدث من خلال إصداراتنا لغاز ثاني أكسيد الكربون : كنا نؤثر سلبا في النظام، وفي النهاية كان لا بد من توافر دليل للبرهان فيما إذا تحكمت الأرض في ذاتها وفق فرضية غايا أم لا. ولكن كما ذكرت مسبقا، لم يتم ذلك حتى العام 2008 عندما أخذ ريتشارد زيب وكين كالديرا الدليل من لب الجليد للبرهنة على ذلك.

كل ما أمكنني فعله العام 1981 لاختبار هذه الفكرة هو تركيب النموذج الشامل، عالم زهر الأقحوان. وقبل عيد الميلاد في تلك السنة بقليل ألفت برنامج ذلك النموذج وشغلته على حاسوب شخصي من نوع هيوليت باكارد 9845، وبشكل ما كانت هذه الخطوة هي الأهم في تاريخ نظرية غايا. فهي تعبر باختصار عن الأساس الرياضي للنظرية، كما أنها اختبرت لمعرفة فيما إذا كانت خاطئة أو لا.

ألفت برنامجا بمصطلحات رياضية يصف نظاما يتحكم في نفسه ذاتيا، مكوّنا من المناخ لكوكب منبسط بسيط، يضاء بنجم كالشمس، وعليه نظام بيئي بسيط مؤلف من صنفي أقحوان يتطوران بالطريقة الداروينية. كان لعالم الأقحوان هذا درجة حرارة سطحية محددة بنسبة الحرارة المشعة من نجمه الممتصة أو المنعكسة إلى الفضاء، وبكمية الحرارة التي تشع بعيدا في المجال تحت الأحمر. لم تكن هناك غازات دفيئة كي تعقد المناخ، وكان انعكاس ضوء الشمس من السطح متناسبا مع المساحة المغطاة بالأقحوان الملون بالغامق أو الفاتح، أو بسطح الأرض فقط. لم تنم الأقحوانات تحت 41° ف أو فوق 104° ف، ونمت بشكل أفضل عند 72.5° ف. شغّل النموذج بزيادة الحرارة الصادرة من النجم بشكل بطيء بطريقة مشابهة لزيادة الحرارة من الشمس منذ أن تشكلت الأرض قبل 4.5 مليار سنة. وبمجرد وصول بعض أجزاء الكوكب إلى درجة 41° ف بدأت الأقحوانات الغامقة في النمو، لأنها لكونها غامقة امتصت كمية أكبر من الحرارة. وحالا ازداد نمو الأقحوان وازدادت درجة حرارة السطح بسرعة مع انتشار الأقحوان، إلى أن أصبح الكوكب حارا جدا لينمو الأقحوان الغامق أكثر. الآن بدأ الأقحوان الأبيض ينافس على المكان، ومع زيادة النجم من إصداره الحراري احتل الأقحوان الأبيض مساحة أكبر حتى سيطر على سطح الكوكب. وفي النهاية كانت الحرارة الصادرة من النجم كبيرة جدا بالنسبة إلى الأقحوان الفاتح، ولذا مات، وزاد الكوكب بسرعة من درجة حرارة سطحه، وأصبح غير قابل للحياة. تظهر خاصة من هذا النوع من النموذج ما يطلق عليه الفيزيائيون الهيستيريسس hysteresis (دارة الفعل والاستجابة)، أي أنها لو سارت في الاتجاه المعاكس من الحالة

الحارة النهائية بتخفيض الحرارة الشمســية فلــن يظهر الأقحوان الفاتح إلى أن نصل إلى درجة حرارة منخفضة جدا. وينطبق الشــيء نفســه مع الاقتراب من الحالة الباردة التي لا حياة فيها، فالأقحوان الغامق يبقى عند حرارة شمسية أقل من تلك اللازمة لبدء ظهوره.

عندما شــغّل نموذج عالم الأقحوان ســررت باكتشاف أن نظام الحياة بأكمله وبيئته تحكما في درجة الحرارة عند مستوى قريب من المثالي لنمو النبات. وبالنسبة إلى نموذج محمّل بعلاقات تفاضلية غير خطية فقد كان مستقرا بشكل مدهش وجيد التصرف. لقد حافظ على درجة حرارة قريبة من الدرجة المثالية للأقحوان ضمن مجال معتبر من الإشــعاع الشمســي الداخــل، ولكن عندما كان النجم الذي ينيــر عالم الأقحوان لامعا جدا أو معتما جدا اختفت أشــكال الحياة جميعها، كان الكوكب النموذج حيا عند حرارة داخلة محتملة، ولكنه كان ميتا عندما كان النجم حارا جدا أو باردا جدا. ومن المهم إدراك أن عالم الأقحوان هو النموذج لنظام ناشئ، يتزاوج المناخ والأحياء فيه ويتطوران معا.

عالم الأقحوان هو أكثر بكثير من نموذج حيوي ســكاني يتعلق بانتشار أنواع الأقحوان على كوكب ما، فهو أيضا نموذج للمناخ. إن ما جعله مميزا هو أنه للمرة الأولى كان نمو النباتات واختيارها مرتبطين بشــكل وثيق في نموذج ديناميكــي بقدرتهما على التأثير في المناخ وتأثرهما به. لقد أظهر كيف يمكن لنظام كهذا أن يحافظ على درجة حرارة ســطح الكوكب قريبة من درجة الحرارة المثالية بالنســبة إلى نمو النبات ضمن مجال واســع من قوة الإشــعاع. ألّفت أنواعا مختلفة مــن نمط عالم الأقحوان ووصفت في كتابــي «عصور غايا». وفي ذلك الوقت كان أندرو واطســون، وهو رياضي أكثر كفاءة مني، يبحث في نظرية غايا معي، وقد أغنت معرفته بتعقيدات النموذج ورقتنا المشــتركة حوله، والتي نشرت في المجلة السويدية تيلاس Tellus في العام 1983.

كان عالــم الأقحــوان مثل عصا أدخلت في عــش للدبابير: كان الأزيز الغاضب من علماء الأحياء الراغبين في لســعه حتى الموت صاما للآذان. ونشــرت أوراق تدّعي تخطئة عالم الأقحــوان - وبالطبع كان هناك بعض

المحكمين المميزين الذين اعترضوا على مثل هذه النشـــرات المعادية لغايا. لم تتجــح أي منها في هدفها، وبقي نموذج عالــم الأقحوان غير مخطئ. وفي عام 2002 علّق مقال المحرر في مجلة نيتشـــر أنه لم يقم أي نموذج بســيط بإزعاج علماء كثيرين كمـــا فعل نموذج عالم الأقحـــوان. وفي أي فرع من فروع العلم غير علم الأحياء، فإن الفشـــل في تخطئة نموذج عالم الأقحوان من شـــأنه أن يجعـــل نظرية غايا جديرة باستكشـــاف أكثر في الثمانينيات. والأكثر من ذلك يجب أن يشـــكل فشـــل التخطئة تحذيرا بأن النظرية الداروينية الجديدة مخطئة.

ظل النقاد يســـألون «ماذا عن الأقحوانـــات الخادعة؟» ظنوا أن نموذج عالم الأقحوان سيفشل لو ضمّنت الأقحوانات الخادعة فيه - أقحوانات لا تحمل وإنما نمت فقط ولم تقم بأي تحكم. كان من السهل إضافة أقحوانة خادعـــة، وهي صنف من الأقحوان بلون محايد لا يقوم بأي تحكم، وينقص معـــدل نمو الأقحوانـــات الأخرى بســـبب الطاقة المصروفـــة على تصنيع الصبغة، ولكن عندما قمت بهذا عمل النموذج جيدا كما فعل من قبل. لقد اختيرت الأقحوانات ذات اللون المحايد من قبل النظام فقط عندما لم تكن هناك حاجة إلى التحكم، عندما كان الجو حارا، فضلت الأقحوانات فاتحة اللون والعاكســـة للحرارة، وعندما كان باردا اختيـــرت الأقحوانات غامقة اللون والماصة للحرارة فقط. إن عالم الأقحوان دارويني : لقد فشل علماء الأحياء كتلاميـــذ لداروين في إدراك أن الكائنات الحية لا تتطور بشـــكل مســـتقل عن بيئتها - ولكنها فـــي الحقيقة جزء من كل أكبر يتضمن البيئة الفيزيائية والكيميائية التي تغيرهما مع الأحياء الأخرى.

وبالنسبة إلي كانت المعركة الطويلة التي يبدو أنها لن تنتهي للاعتراف بنظرية غايا محبطة ومحيرة ومزعجة، ولكن مع ذلك كانت الضغينة متوازنة مـــع المزاح. وأصبح عالما الأحياء الداروينيـــان الأكثر تميزا وليام هاميلتون وجون مينارد سميث صديقين لي في أواخر التسعينيات، على الرغم من أن ســـميث أشار مسبقا علنا إلى غايا على أنها «دين شرير». لقد أتى ليمكث فتـــرة قصيرة في كومب ميل في العام 1996، وأخبرنا خلال العشـــاء أنه عندمـــا ظهرت فرضية غايا لأول مرة في الســـبعينيات كان علماء الأحياء

الداروينيــون يتجادلون بحدة مع علماء الأحياء الآخرين الذين اعتقدوا أن التطــور حصل من خــلال انتقاء المجموعة، وليس انتقــاء الكائنات الحية المنفردة. في ذلك الوقت رأى فرضية غايا على أنها ضد الداروينية بعمق، وأسوأ بكثير من نظرية انتقاء المجموعة: كانت الفرضية بأن الكوكب تطور كما لو كان كائنا حيا بالنسبة إلى الداروينيين في ذلك الوقت فكرة عبثية. وخلال تلك الزيارة استمتعنا بمناقشة الحجة الداروينية الجديدة حول ما إذا كان على شــخص شــجاع أن يقفز إلى النهر لينقــذ إما قريبا ذا صلة مباشــرة بالدم، أو ثمانية من أبناء العم. ولأن ساندي وأنا سباحان سيئان فقد شــعرنا بأن محاولة إنقاذ ثمانية من أبناء عمومتنا مضت بالمنطق إلى مكان بعيد جدا.

تحــول عالم الأقحــوان إلى مصــدر مثمــر لنماذج أخــرى للأرض. ووجد رياضيون من بينهم بيتر ســاوندرز، وانمــان هارفي، وجيمس دايك أساســها الرياضي جديرا بالدراســة. وحوّل البروفيسور ساوندرز وعالم الفسيولوجيا يوهان كوزيلاغ الأساس الرياضي لعالم الأقحوان إلى نموذج لمرضى السكري. ونشر تيم لينتون عدة أوراق حول غايا مؤسسة على عالم الأقحوان ونظّم سلســلة من المؤتمرات على عالــم الأقحوان وعلى نتائجه الرياضيــة. كانت هــذه النماذج ناجحة ومحبوبة. وتطــور عالم الأقحوان نفســه بطريقتين مختلفتين. في الأولى أصبح مجموعة أكثر شــمولا من النمــاذج الحيوية، حيث كان هناك بدلا من صنفين محددين من الأقحوان فقط حتى مائة صنف نباتي مختلف وآكلات أعشــاب، وآكلات لحوم على ثلاثــة مســتويات غذائية. لخّصت هذا العمل في ورقتــي العلمية «نموذج رقمــي للتنوع الحيوي» في مجلة مراســلات فلســفية للجمعية الملكية في العــام 1992. وتذهب هــذه النماذج ومن بينها نمــوذج يمكن للأحياء أن تتحول فيه تلقائيا، بعيدا نحو تفسير العلاقة بين التنوع الحيوي والتنظيم. وطبقها صديقاي ستيفان هاردنغ وتيم لينتون إلى مدى أبعد.

وكعالم أقرب إلى الفيزياء من الفروع الأخرى، أعلم أن قيمة نظرية ما يحكــم عليها من دقة تنبؤاتهــا وقدرتها على مقاومة التخطئة. ومنذ أوائل التســعينيات تنبأت غايا بعشــر نبوءات تأكدت ثمــان منها، أو على الأقل

أصبحت مقبولة بشكل شائع. وأكثر من ذلك، فكما هو معلوم للفيزيائيين فإن تنبؤات النظريات الجيدة تقود إلى فورات في البحوث العلمية الجديدة. كان هذا صحيحا بشكل خاص بالنسبة إلى البحث العلمي المحرّض بالتنبؤ بوجود صلة بين الإنتاج الحيوي لثاني ميثيل الكبريت في المحيطات، والسحب في الجو، والتوازن الإشعاعي للأرض، والتحكم في المناخ. ونشرت الورقة العلمية حول السحب والطحالب والمناخ من قبل تشارلسون، ولوفلوك، وأندريا، ووارن في مجلة نيتشر في العام 1987، ويشار إلى استنتاجاتها عادة بفرضية الـCLAW (*) ومنذ ذلك الوقت نشرت مئات إن لم يكن آلاف الأوراق العلمية على البحوث التي حرّضتها. ونشرت مع البروفيسور ليس من جامعة إيست أنغليا ورقة علمية في العام 2007 في الكيمياء البيئية، لخّصنا فيها تقدم فرضية CLAW واستنتجنا أن الآلية المقترحة لوحظت فقط في نصف الكرة الجنوبي غير الملوّث. فالتلوث بالكبريت في نصف الكرة الشمالي هو الآن أكبر بعشر مرات من الناتج الطبيعي من الطحالب، ويغطّي على أي تأثير ممكن لهذه الطحالب.

الجدول «1-6»

الاختبار المطبق على بعض تنبؤات نظرية غايا، والنتائج

التنبؤ	الاختبار	النتيجة
المريخ من دون حياة (1968)	يشير دليل التركيب الجوي إلى عدم وجود اللاتوازن	تأكيد قوي من رحلة فايكنغ في العام 1975
تنتقل العناصر من المحيطات إلى سطح الأرض بواسطة الغازات الحيوية (1971)	البحث عن مصادر لثاني ميثيل الكبريت وأيود الميثيل من المحيطات	وجد في العام 1973
التحكم في المناخ من خلال تجوية صخور مسرعة حيويا (1973)	ربط تحليل عينات من لب الجليد بين درجة الحرارة وتركيز ثاني أكسيد الكربون	تأكد في العام 2008 من قبل زيبي وكالديرا

(*) الأحرف الأولى من أسماء العلماء المشاركين: charlson, Love lock, Andreae، وWarren

أن غايا قد شاخت وليست بعيدة عن نهاية عمرها (1982)	حسابات مبنية على تطور شمسي مقبول عموما	مقبول عموما
التحكم في المناخ من خلال تحكم في الضوء المنعكس من السحب مرتبط بإصدارات غازية من الطحالب (1987)	أجريت اختبارات عدة لكن التلوث الزائد تداخل فيها	ممكن بالنسبة إلى نصف الكرة الجنوبي
لم يتغير تركيز الأكسجين بأكثر من 5% من 21% خلال المائتي مليون عام الماضية (1974)	تحليل لب الجليد والرسوبيات	تأكدت حتى مليون سنة مضت
الغابات الشمالية والإستوائية هي جزء من التحكم في المناخ العالمي	نماذج والملاحظة المباشرة	مقبولة عموما
التنوع الحيوي جزء ضروري من التحكم في المناخ (1992)	من النماذج ولكن ليس إلى الآن في الأنظمة الطبيعية	الحكم مازال غائبا
الفترة الحالية ما بين جليديتين هي مثال على فشل الأنظمة بالمعنى الفسيولوجي (1994)	بالنماذج فقط	غير مقرر
الانتقال الحيوي للسيلينيوم من المحيط إلى الأرض على شكل ثنائي ميثيل السيلينيد	قياسات مباشرة	أكد في العام 2000 من قبل ليس

كانت الخطوة المهمة التالية في تاريخ غايا هي إعلان أمستردام الذي تم في اجتماع لاتحاد الجيوفيزيائيين الأوروبيين في العام 2001، حيث وقّع أكثر من ألف عالم على بيان أعلن فيه: «يتصرف النظام الأرضي كنظام وحيد، يتحكم في نفسه ذاتيا، مؤلف من عناصر فيزيائية وكيميائية وحيوية وبشرية». وقال أصدقائي: «على الأقل فقد اعترف بغايا على أنها علم»، ولكنني علمت أن الإعلان مازال غير كامل، وأنه مازال هناك شوط طويل أمامه، وأن نظرية غايا لن تكون حقا جزءا من العلم حتى يتضمن

مثـل هذا الإعــلان إضافة إلى ذلك حكما علميا مقبــولا لفكرة أن هدف التحكــم الذاتي هــو الحفاظ على قابلية الأرض للحيــاة. لم يدرك علماء الأحيــاء وعلماء الأرض في أمســتردام عدم وضــوح الحديث عن التحكم الذاتي من دون تحديد الهدف أو الغاية أو نقطة تحديد النظام. ولأن العلم مازال مرتبطا بعمق بالمنطق العقلاني الديكارتي بشــأن السبب والنتيجة، فــإن كلمات مثل «هــدف» أو «غاية» تثير عقبات لا يمكــن تقديرها. لكن المهندســين والفسيولوجيين يعلمون أن التحكم الذاتي من دون هدف هراء - تخيل ملاحا آليا في طائرة ليســت لديه فكرة حول الارتفاع الذي يجب أن يحافظ عليه، أو أين سيذهب.

أظهر الفيزيائي الأســترالي غارث بولتردج أن بيئات الكواكب اختيرت بشــكل طبيعي لزيادة الإنتاج الإنتروبي؛ وبعبارات بسيطة، للحفاظ عليها أنيقــة، وبصفحة توازن منتظم للطاقة. تحفّز الأحياء الدقيقة تحقيق هذا الهدف بسرعة، وفي الوقت نفسه تدفع تطور النظام بأكمله. قدم بولتردج طريقة أخرى للاقتراب من نظرية غايا.

وإذا أردنــا فهــم المناخ والتأقلم مع تغيراته، أو حتى عكســها، علينا أن نرى أن الأرض قادرة على مقاومة التغير الســيئ، حتى يصبح الأمر صعبا جدا ثم، مثل كائن حي، الهروب بســرعة إلى ملاذ آمن. القتال أو الهرب خاصة تميز الحياة، وقد قاومت الأرض (غايا) نفســها تدخلاتنا مــن خلال التغذية الســلبية الراجعة - فهي تقــاوم الطريقة التي نغير بواســطتها الهــواء بغازات الدفيئة، ونكتســح الغابــات الطبيعية ببناء المــزارع. كنا نقوم بذلك مذ كنــا صيادين - ملتقطــين مزودين بالنار، ولكن حتى بضع مئات من الســنين لم يحصل سوى تغير طفيف أو غير ملحــوظ في حالــة الأرض. لكن تدخلنا الآن أصبــح أكبر من أن يقاوم بكثير، ويبــدو أن نظام الأرض قد استســلم، ويحضّر للهرب إلى ملاذ آمن، وهي حالة حارة بمناخ مســتقر، حالة مرت بها الأرض عدة مرات مــن قبل. وتخبرنا نظرة واحدة إلى تاريخ منــاخ الأرض بأن في إمكان غايا في مثل هذه الحالات الحارة أن تبقى تنظم نفســها وأن تبقى حية بغلاف حيوي متناقص.

يفترض خطأ في أغلب الأحيان أن الحياة تأقلمت ببساطة مع البيئة المادية، مهما كانت في ذلك الوقت، والحقيقة أن الحياة أمهر من ذلك بكثير. وعندما تواجه الحياة ببيئة غير مناسبة يمكنها أن تتأقلم، ولكن إذا لم يكن هذا التأقلم كافيا لتحقيق الاستقرار فيمكنها أيضا تغيير البيئة نفسها. ونفعل الآن ذلك عن طريق إضافة غازات الدفيئة إلى الهواء، وتغيير وجه الأرض عن طريق الزراعة، والنتيجة هي الاحترار العالمي. ولو كانت الأرض الأحرّ الآن أكثر إنتاجية من الأرض الباردة قبل الثورة الصناعية فسنزدهر نحن، وستزدهر الأرض كذلك. لكن لسوء الحظ حرّكنا درجة الحرارة بالاتجاه الخاطئ، وقد نهلك نتيجة لذلك. وربما كان التبريد أفضل بكثير، حتى لو استوجب علينا أن نتخلى عن كثير من الأراضي الشمالية المعتدلة لمصلحة الجليد. هذه هي الطريقة التي تحافظ بها غايا على كوكب قابل للحياة: فالأنواع التي تطور قابلية الأرض للحياة تزدهر، وتلك التي تلوث البيئة توقف أو تفنى.

بدأت أقترب ببطء من الاستنتاج بأن العلماء غير مرتاحين لنظرية غايا لأنها تهدد مسار حياتهم اليومية. لقد بنى علماء الأرض على سبيل المثال لأنفسهم عالما متسقا يمكن فيه تفسير كل شيء بمعرفة خواص الصخور وتاريخها. ويتعايش هذا بشكل مريح مع علوم الحياة من خلال استخدام المستحاثات كشواهد وعلامات على تاريخ الصخور. وباستخدام الفيزياء اكتشف الجيولوجيون العمر الحقيقي للصخور باستخدام العناصر المشعة كساعات زمنية. فإذا تحول عنصر كاليورانيوم من خلال النشاط الإشعاعي إلى عنصر الرصاص بمعدل يتغير فيه نصفه خلال 4.7 مليار سنة، يمكن أن نعرف من نسبة اليورانيوم والرصاص الوقت الذي تشكلت فيه. وبفصل نظائر هذه العناصر – وليس هذا صعبا باستخدام مطياف الكتلة – يزداد غنى هذه القياسات كثيرا. وباستخدام الكيمياء يمكننا أن نعرف متى وأين أصبحت غازات كالأكسجين متوافرة لأول مرة في الهواء والمحيطات.

وينطبق الشيء نفسه على علماء الأحياء السعداء بعالم وصفه داروين ومن جاء بعده لأحياء تتطور بالانتقاء الطبيعي ضمن بيئة ساكنة. لا يمكن للعلم أن يكون أكيدا بالمطلق، ولكن هذا أكيد إلى أقصى درجة ممكنة.

ويبدو أن غايا مثل محرّر مستبد لمجلة علمية يطلب من الكتاب أن يعودوا ويعيدوا كتابة نص تطور الحياة - أن يغيروه بحيث لا يكون العالم الذي تطورت الحياة ضمنه عالما ثابتا وغير متغير من الجيولوجيا، ولكن عالما ديناميكيا كالكائنات الحية نفسها.

وبطريقة ما كان ممثلو هذين الفرعين الرئيسين من العلم يعبرون عن الحافز نفسه الذي يجعلنا جميعا نحطم مكاننا على الأرض الحالية. ونحن جميعا نود أن نستمر في العمل كالمعتاد. ونرغب جميعا في أن نعيش حياتنا ونتمتع براتبنا التقاعدي. إن تغيير طريقة تفكير اكتسبت بصعوبة خلال عمر بأكمله يتطلب كثيرا من التبرير، وأستطيع أن أفهم جيدا لماذا لا يود علماء الأحياء أن يعتنقوا علم الأرض ويجعلوه يدوس على موقعهم المريح، ولا يريد الجيولوجيون أيضا أن يرعوا مجموعة من الكائنات الحية في قصورهم الأنيقة والنظيفة.

ومن بين العلماء، تحمل علماء المناخ فقط نظرية غايا؛ وربما يعود هذا إلى أنهم كالفيزيائيين عند النهاية الحادة من العلم، وهم مسؤولون دوما أمام الجمهور. فنحن نتوقع الكثير من المتنبئين الجويين، ولكنهم يعرفون أن العالم الذي يطلب منهم أن يتنبأوا به فوضوي، ولذا يمكن التنبؤ به لدرجة محدودة. ومن الأيام الأولى كان علماء المناخ منفتحين عقليا وقدموا الدعم: كانت المحاضرة المدعوة الأولى، والورقة العلمية التي تحتوي على غايا في عنوانها في اجتماع لعلماء الغلاف الجوي، في مؤتمر غوردن للبحث العلمي في نيو هامبشيار العام 1970، الذي نظمه جيمس لودج من NCAR(*). دعا عالم المناخ والجو البارز بيرت بولين، مؤسس الـ IPCC، ورقة غايا التالية، وكانت هذه المرة بالاشتراك مع زميلتي لين مارغوليس. نشرت الورقة والتي كانت بعنوان «الاستقرار الجوي من قبل الغلاف الحيوي ومن أجله: فرضية غايا» العام 1974، في المجلة السويدية في علم المناخ تيللس Tellus.

أقنع عالم المناخ ستيفان شنايدر اتحاد الجيوفيزيائيين الأمريكيين بعقد اثنين من مؤتمرات تشابمان المميزة بحيث تكون غايا الموضوع الرئيس تحت عناوين «علماء لغايا» و«العلماء يتناقشون حول غايا». وأنا ممتن جدا

(*) The National Center For Atmospheric Resarch: المركز القومي لأبحاث الغلاف الجوي.

لستيف لتنازله، بالمعنى الأفضل وليس الأسوأ لتلك الكلمة. شكّل المؤتمر في سان دييغو العام 1988 معاناة كبيرة لي، وشعرت بأنني وحيد. وأظهر المؤتمر الثاني في فالنسيا العام 2001 مدى تطور نظرية غايا والمدى الذي يمكنها أن تمضي فيه.

وبالرغم من الصعوبات، حصلت نظرية غايا ببطء على القبول، وفي العام 2003 منحتني أقدم جمعية لعلم الأرض، وهي الجمعية الجيولوجية في لندن، ميدالية ولاستون وأوضحت في تنويهها أن المكافأة كانت بسبب نظرية غايا؛ وفي العام 2005 وضعت دعوة من الجمعية البيئية للانضمام إلى عضويتها النظرية في مكانها الصحيح على أنها توحّد الأرض مع علوم الحياة. استغرق العلم وقتا طويلا للنظر في غايا. لماذا كان ذلك؟ أعتقد أن اللوم يقع بشكل رئيس على علماء القرن التاسع عشر الذين من أجل تعظيم أنفسهم قبضوا على مجالات الفيزياء والكيمياء وعلوم الأرض وعلوم الأحياء وأعلنوا انفصالها بعضها عن بعض. ولايزال النزاع على هذه المجالات مستمرا، ولاتزال فروع جديدة من العلم تتشكل. ومن الحماقة أن تتوقع أن يرحب بأفكار غايا في توحيد هذه المجالات، وهي تقريبا بسوء محاولة مصالحة زوجين - ربما يتوحدان ولكن سيكون ذلك ضد المتدخل. ولذا فليس من المستغرب أن يجلب الاتحاد المسترجع للعلوم علم الجيوكيمياء الحيوية وعلم نظام الأرض. وما الخطأ في ذلك؟ ليس كثيرا ماعدا السؤال: هل كنت ستقرأ هذا الكتاب لو كان عنوانه الوجه المتلاشي لعلم نظام الأرض؟

أصبحت نظرية غايا مثبتة بقوة في عقول بعض العلماء الأمريكيين المهمين على أنها أسطورة من الستينيات وليست علما على الإطلاق. وإذا اعتبرت هذا التصريح مبالغة، وليس أكثر من رأيي المتذمر، اعتبر هذه التعليقات الحديثة الناقدة. في العام 2007 وضع بريان هيس لمراجعته لكتاب «انتقام غايا» في مجلة العلوم الأمريكية العنوان المستهزئ «كرات غايا العظيمة». وبدأ مراجع مؤيد آخر، وهو الفيزيائي البروفيسور بيتر شرودر، مراجعته في مجلة «الفيزياء اليوم» بالعبارة «إن مجرد كلمة غايا قد تكون كافية لإخافة القراء من قراءة الكتاب في المستقبل. وبالنسبة إليّ

فهي توحي بكيان سري يستخدم من قبل الأجيال الجديدة وليس من علماء محترمـــين». ثم تابع ليقول «لذا فمهمتي الأولى هي طرد مثل تلك الأوهام والإشــارة إلى أن نظرية غايا هي نتــاج الملاحظة العلمية، ومثل النظريات العلمية الجيدة فهي قابلة للاختبار، وتحمل نتائج تنبؤية».

وربما كان الأكثر إفصاحا هو الحديث الذي ســمعته مصادفة في ندوة الموظفين في NCAR:

باحث علمي: أعتقد أن علينا أن ندعو ورقتنا «جيوفســيولجيا الأنظمة البيئية للغابات».

باحث علمي رئيس: لا يمكنك أن تســتعمل كلمة «جيوفسيلوجيا»؛ إنها ستدمر سمعتك كعالم – إنها مجرد مرحاض لغايا.

ولـــذا فقد جعل الاحتقار من نظريـــة غايا العلم الذي لا يجرؤ أحد أن يذكر اسمه. ومع ذلك فالدليل على صحة النظرية قوي مسبقا، وفي العلم نعمل عادة كما لو كان الأمر منتهيا ومقدما ســلفا – كما في شــراء منزل عندما تكون العقود قد وقّعت وينتظر المرء موعد الانتهاء. ولكن بالنســبة إلى غايا فهنــاك الكثير بحيث نجد من الصعب القبول بها والقيام بحركة تجاههــا. لو كانت الفرضية صحيحة فإنها ســتخفض منزلتنا من مالكين للأرض إلــى منزلة صنف من أصناف الحيوانات. إنها لاتزال تســمح لنا بأن نكون مهمّين وأقوياء في العالم، لكن يمكن للأرض أن تستمر من دوننا بينما من المحتمل أن تموت ســريعا من دون مخلوقات التمثيل اليخضوري. وعلى مســتوى أقل يشكك قبول الفرضية بالطريقة التي يقسّم فيها العلم إلى مجموعــة ملائمة من العلوم، ولا يبرر الاســتمرار بالتنبؤ والتخطيط لمســتقبلنا على أساس علم القرون الماضية الاختزالي. هذه القضايا كبيرة جدا لتناولها في أقل من عقد من الزمن. إنني لا أطلب من زملائي العلماء أن يتخلوا عن الطريقة العقلانية من التفكير التي خدمتهم جيدا، ويتحولوا فورا إلى علماء أنظمة. كل ما أطلبه منهم هو أن يأخذوا علم غايا بجد.



7

إدراك غايا

«حتى نشعر كلنا بشكل بديهي بأن الأرض نظام حي، ونعرف أننا جزء منه، فإننا سنفشل في التفاعل المباشر لحمايتها، وفي النهاية لحماية أنفسنا»

المؤلف

إن إحدى مشاكل العلم التي لا تذكر إلا نادرا هي أننا كثيرا ما نسلم بحقيقة لا يمكننا التأكد من صحتها بواسطة حواسنا مباشرة. لقد أخبرنا أن كل شيء مصنوع من ذرات، لكننا لا نستطيع مطلقا أن نراها بعيوننا المجردة، والأسوأ من ذلك أن الفيزيائيين يخبروننا بأن الذرات توجد على شكل موجات وجسيمات في الوقت نفسه، وأن كل شيء تقريبا عبارة عن فراغ. علينا أن نؤمن بلحمنا الصلب. وعندما أنظر من الفضاء إلى الأرض أستطيع أن أرى كوكبنا كما هو، شيء حقيقي وصلب، لكن كما هي الحال بالنسبة إلى الذرات يمكنني أن أستنتج وجود غايا من دليل غير مباشر فقط.

ولتوضيح مزالق الإدراك، اسمح لي بأن أخبرك كيف مررت أنا وساندي منذ عشر سنوات بشكل مزعج بإدراك قوي خاطئ خلال تمشينا على شاطئ كورنيش. قادنا ممر صخري وعر إلى الأمام على حافة الجروف التي تنحدر 400 قدم إلى الصخور والبقع اللامعة من الرمل في الأسفل. كان هذا الممر أحد مسيراتنا المفضلة، وهو جزء من الشاطئ الجنوبي الغربي حول المقاطعة الجنوبية التي تشير على شكل إصبع نحو القارة الأمريكية التي تبعد ثلاثة آلاف ميل عبر المحيط. وبينما كنا نتمشى، غمرنا تيار لطيف من هواء البحر البارد والنظيف، وملأت أسماعنا أصوات النوارس والأمواج المتكسرة. كان من السهل تخيل أن هذا المشهد لم يمس بأدوات الإنسان. لكنه لم يبق كذلك. فهناك على بقعة أكبر من الرمل، نحو الأمام والأسفل، عربة كبيرة. وعلى الشاطئ بدت العربة مثل وحش، خارج مكانها، وفي الحقيقة بصورة غير قانونية. تحطمت نظرتنا للطمأنينة، لو أصبحت العربات في مكان كهذا هي القاعدة فلن يكون هناك مهرب من الضوضاء، والاقتحام، وبشاعة الحياة المدنية. مضينا في طريقنا مستنكرين ذلك، ولكن كما لو كان بفعل السحر ذابت العربة القبيحة في أشعة الشمس لتصبح بقعة من الرمل، صخرة داكنة وبركة من مياه البحر. بحيلة من الضوء والمشهد، أدرك عقلانا في الوقت نفسه الصورة الزائفة للعربة، ثم ملأت أحاسيسنا وتحاملاتنا التفاصيل لتجعلها تبدو حقيقة. ولو أننا ابتعدنا عن المنظر، لبقيت مع ساندي مقتنعين بأن ما رأيناه كان حقيقة ولكنا شاهدين واثقين ومتأكدين في قاعة محكمة.

كان هذا وهما صغيرا ولكنه لا ينسى. وبينما أكتب الآن أتساءل ما الذي يفصل الوهم عما ندعوه الحقيقة في عقولنا؟ كم من غايا سأرى عندما أنظر إلى الأسفل من نافذة سفينة فضاء ريتشارد نحو الأرض على بعد 60 ميلا؟ إن إحدى الطرق للإجابة عن هذا السؤال هي دراسة كيف ندرك، ولفعل ذلك نحتاج إلى العودة إلى بداية حياتنا. في وقت ما، حتى ونحن ربما في رحم أمهاتنا، تتبع عقولنا التعليمات الموضوعة من قبل جيناتنا، وتبدأ المهمة الضخمة ببناء نموذج للعالم مؤسس على ما يدخلنا باستمرار من حواسنا. وعندما نولد، نبدأ الحياة بأكثر من عقل

فارغ، فجزء كبير من نظـــام عمل العقل محدد في جيناتنا، وهو ما ندعوه بالغريـــزة ، كالخوف الذي يتملك معظمنـــا عندما نعرض من مكان مرتفع فوق واد عميق. ويبدو أن بعض الأصناف كالطيور على ســبيل المثال تولد بغريزة أقوى منا، وتعرف من دون أن تعلم كيف تبني عشها، أو كيف تجوب العالـــم إلى مكان نـــاء لبنائه. لا تخطئ، فالحيوانـــات الواعية هي صانعة نمـــاذج، وعليها أن تكون كذلك لتبقى على قيد الحياة، والذكاء هو بشـــكل رئيس عنصر من عناصر بقائنا، وهو ضروري لنا ضرورة الأشواك للقنفذ، أو الفرو الأبيض للدب القطبي. أعتقد أن الميزة الضخمة للعقل البشـــري هي مرونته، وهي القدرة على إدخال معلومات جديدة يشكل منها الحدس، الذي يعتبر بمنزلة برنامج مصنع عقليا يعمل كوســـيط للغريزة، ويســـمح بتصرف ســـريع وعفوي. وعلى نقيض الغريزة، فالحدس للمستعمل فقط ولا يمرر إلى الجيل التالي، ولكنه يتبدل بشكل مدهش ويقوي نموذج عقلنا. إن مرونة الحدس مفيدة خصوصا لأصناف مثلنا تتجول عبر الأرض خلال بيئات تتغير باســـتمرار. ربما كانت حاجتنا العظمى هي القدرة الســـريعة على إدراك الحياة. شـــيء حي ربما كان مفترســـنا، نمر مموه جيدا وغير مرئي تقريبا لنا في غابة من النباتات، وربما كان صديقا يأتي إلى لقاء، أو ربما كان وجبتنا الطازجة التالية. إن بقاءنا على قيد الحياة وبقاء أصنافنا يعتمد على جواب سريع ودقيق عن السؤال: هل هو حي؟

لذا، فكيف نعرف؟ كيف ندرك الحياة فورا؟ بشـــكل رئيس في البحث عن الاختلافات والتشـــابهات بين ما يتنبأ به نموذجنا وما تراه أعيننا. في مشهد ســـاكن يطابـــق النموذج في عقولنا مـــا يدخل من الحواس مـــن عيوننا حتى يظهر شيء من المشهد مختلفا عن الخلفية. وكما يعلم كل صياد، فإن الحركة تظهر الأشياء. فالحركة وشكل المتحرك يؤشران على الوجود المحتمل للحياة. فالصخـــور والتربـــة والنباتات (عدا عندما تتحرك مع الرياح) ســـاكنة، وهي تعطـــي خلفية من الثبـــات التي يرى على ضوئها حركـــة حيوان ثديي أو طير أو زاحف مباشـــرة، ويطابق شكلها مع ما يؤكده نموذجنا مسبقا لأحد أشكال الحيـــاة القابلة لـــلأكل أو للحب أو الهلاك. ونميز بســـرعة النباتات كلها من الصخور والتربة بطريقة مماثلة بواســـطة نماذجها المكررة المعقدة من الأوراق

والسيقان: ربما كان هذا هو سبب كون البلورات مدهشة جدا، فهي ميتة لكنها تمتلك نظامية متكررة لا توجد في الصخور أو الأحجار العادية. تبرهن قوة اكتشافنا للحياة عن نفسها عندما ننظر إلى نهر يتدفق بسرعة من أعلى جسر، تلمع الحركة المستمرة للماء في أعيننا مع عكس الدوارات والموجات لأشعة الشمس من النهر، ومع ذلك إذا كان الماء نقيا يمكننا أن نرى سمكة، وعلى الأخص إذا كانت تسبح ضد التيار، ونعلم أنها حية.

وإذا ظننت أن هذا واضح وبسيط وممل، فحاول أن تصمم جهازا لاكتشاف الحياة يكتشف وجود تلك السمكة. إن المحاولة أبعد كثيرا عن أن تكون سهلة، ومع ذلك فاكتشاف الحياة جزء لا كلفة له من جهازنا العقلي، ويمكن تحديثه وتطويره بالتدريب.

نقارن باستمرار العالم الذي تدركه حواسنا بعالم النموذج في عقولنا. وعندما يكون التطابق جيدا نقبله على أنه الحقيقة. كنت أنا وساندي متأكدين من أن العربة التي رأيناها على الشاطئ حقيقية، لكنها لم تكن أكثر من تأليف مركب من عقلينا لخلق تطابق أفضل لنموذجنا العقلي بملامسة جزء غامض من المشهد الذي ظننا أننا رأيناه. ومن المخيف التفكير بأننا لو لم نتابع السير، ونر أن العربة كانت وهما، لتساءلنا في المرة التالية التي نتمشى فيها على طول تلك المنحدرات متى ذهبت العربة وإلى أين. إن نموذجنا للعالم يتحدث باستمرار، وليس دوما بالحقيقة.

نشأ جزء مهم من العلم باكتشاف أجهزة يمكنها أن ترى وتسمع أبعد بكثير من مجال حواسنا. لقد مكن المجهر الذي صنعه ليوفينهوك لأول مرة في القرن السابع عشر من رؤية كائنات دقيقة تسبح في قطرة من الماء، وأخبرته حركتها وشكلها بأنها حية. لقد مد مجهره مجال إدراكنا إلى أشياء أصغر مما يمكننا رؤيته بالعين المجردة. وفعل آخرون مثل غاليليو الشيء نفسه بواسطة المنظار، وبالتالي نستطيع اليوم النظر إلى حافة الكون تقريبا. إن عيوننا وآذاننا محدودة من التطور إلى ما نحتاج إليه لنبقى على قيد الحياة وليس أكثر من ذلك. لم يصادف البشر بيئات تتطلب عيونا يمكنها أن ترى في المجال تحت الأحمر وفوق البنفسجي من الطيف، لكن الحشرات والزواحف تمتلك ذلك. وكنا سنمتلك مثل هذه الحواس أيضا لو كانت الحاجة إلى ذلك كبيرة بما يكفي.

على الرغم من قوة عقولنا فإنها لم تتطور بالانتقاء الطبيعي لترى الذرات أو المجرات البعيدة وتدركها. ولذا فليس من المستغرب أن نحاول نحن العلماء بحماس بناء نماذج وأجهزة قوية بما يكفي لجعل إدراك هذه الأشياء غير المدركة تبدو حقيقة. لماذا إذن لا نرى كلنا بالغريزة أو بالحدس شيئا مهما كغايا؟ السبب الرئيس كما أعتقد هو أن ذلك لم يكن حتى عهد قريب مهما لانتقائنا ككائنات حية. وينطبق الشيء نفسه على الأرض المادية، فلم يحدث حتى عهد الإغريق على الأقل أن أخبرنا الحكماء بأننا نمشي على كوكب كروي يدور حول الشمس. لم يكن عالمنا سابقا أكثر من البيئة التي ندركها مباشرة بحواسنا، وما كونته مخيلتنا عن السماء والأرض التي تحت أقدامنا.

يسألني الأصدقاء من العلماء كثيرا : **لماذا تستمر في الحديث عن الأرض كأنها كائن حي؟** هذا سؤال جيد، وليس هناك جواب عقلاني. وبالفعل بالنسبة إلى بعض زملائي فإن اقتراحي أن الكوكب بكامله كائن حي ليس «غير صحيح علميا» فقط لكنه هراء. وفي الجواب أقول إن العلم لم يصغ حتى الآن تعريفا تاما للحياة. فللفيزيائيين والكيميائيين تعريف، ولعلماء الأحياء تعريف آخر، والاثنان غير تامين. لكن هذا لا يقنع العديد من أصدقائي لأنهم يعتقدون أنهم يعرفون بالغريزة أو بالحدس ما هو حي، وأن الأرض لا تلبي بأية حال معيار الحياة لديهم. إن الغريزة والحدس قويان ولا يمكن إنكارهما، ولذا يوصف تأكيدي لحياة بحجم كوكب على أنه شذوذ.

ربما كان الأمر كذلك، لكن العلماء لا يفعلون أفضل من ذلك كثيرا. ولذا فقد اقترح الفيزيائي شرودينغر في كتابه الصغير المميز «**ما هي الحياة؟**» أن الاختزال الديناميكي المستدام للانتروبي الداخلية يميز الحياة عن بيئتها اللاعضوية، وقد تردد صدى هذا التفكير لدى فيزيائيين آخرين، وعلى الأخص بيرنال ودينبي. يقول علماء الأحياء ببساطة إن الكائن الحي هو الكائن الذي يتناسل، وإن أخطاء التناسل تصحح بالانتقاء الطبيعي. لكن التعريفين لا يساعدان كثيرا. إن جواب الفيزيائي فضفاض جدا وهو يعني أن الأجهزة الميكانيكية كالبرادات كانت حية، كما أن تعريف عالم الأحياء ضيق جدا وهو يعني أنني أنا، وجدة، أو شجرة لومباردي شائعة

أموات لأننا لا نتكاثر. تناسب نظرية غايا تعريف الفيزيائي لكنها لا تلبي اختبار عالم الأحياء لأنها لا تتكاثر، ولا يمكن أن يكون هناك انتقاء طبيعي بين الكواكب. لكن شيئا يعيش ربع عمر الكون لا يحتاج بالتأكيد إلى أن يتكاثر، وربما حدث الانتقاء الطبيعي لغايا داخليا مع تطور الكائنات الحية وبيئتها ضمن اتحاد مغلق بإحكام. وإذا تابعت هذه الفكرة بالتفكير في جدة مسنة بما يكفي لتحبل، فهي وفق تعريف عالم الأحياء ليست حية، لكنها، مثل غايا، مجموعة كبيرة من الخلايا الحية المتعاونة التي تتكاثر. لايزال التبصر والإدراك يضعان حدا لحكمتنا.

إن العلم منقسم بشكل عريض بين التفكير الديكارتي العقلاني لعلماء الأرض والحياة، والتفكير الشمولي لعلماء وظائف الأعضاء والمهندسين والفيزيائيين. يتكلم العلماء الشموليون بلغات رياضية وغالبا ما يكونون غير مفهومين للعقلانيين. يكره العلماء العقلانيون التبصرات، ويفضلون التفسيرات خطوة فخطوة، المؤسسة على بيانات موثوقة ومنظمة. وهم يرون التبصر على أنه ابن الحدس، وهو شيء لاعقلاني يأتي من مزيج من البيانات المتعارضة. ولهم أن يكرهوا التبصر، لكن خطوات كبيرة في العلم تأتي غالبا من التبصر كما تأتي أيضا من التحليل والتنظير العقلانيين. وهذا صحيح بصورة خاصة بالنسبة إلى فيزياء الكوانتم ولعلم الأحياء، وبالفعل قد لا يكون من الممكن تعريف الحياة أو التعقيد الكوانتمي بمصطلحات علمية عقلانية. لقد أدرك تشارلز داروين بالتبصر أن تطور الكائنات الحية جميعها محكوم بالانتقاء الطبيعي، أو كما عبر جاك مونود عنه، بالصدفة والضرورة، لكن حتى 50 عاما أو أكثر بعد ذلك، وبعد حياة كاملة من البحث العلمي وجمع البراهين من قبل داروين نفسه، ومن ثم من قبل مندل، لم تقدر الأهمية العلمية الكاملة للتطور من قبل رجال أكفاء مثل فيشر، وهالدين، وإرنست ماير، وحديثا جون مينارد سميث وروبرت ماي وبيل هاميلتون. وحتى ذلك لم يتم إلا بعد مائة عام بعد داروين حين قام تلميذاه ويلسون وريتشارد داوكنز بجعلها مفهومة للعامة. لدينا الآن تبصر غايا أن التطور الدارويني محدود بالتغذية الراجعة من البيئة المادية. ولذا فالتنفس ببساطة يضيف غاز ثاني أكسيد الكربون إلى الهواء، الذي يؤثر في كل شيء

حي على الأرض بمن فيهم نحن، وفي تطور النظام العظيم بكامله. إن نظرية غايا شمولية وبالتالي فهي غير مقبولة من علماء الأرض وعلماء الحياة العقلانيين. ويأخذ الفيزيائيون والفسيولوجيون، المعتادون على التعامل مع أشياء غير مدركة، غايا والمبادئ الشمولية الأخرى على أنها مفيدة وهم مسرورون بالتعامل معها. لكن لايزال هناك طريق طويل قبل أن تفهم غايا بصورة جيدة كما هو حال التطور بالانتقاء الطبيعي. أعتقد أنه من المهم أن يدعو وليام هاميلتون، الذي يعتبر أعظم علماء الأحياء في القرن العشرين مبدأ غايا كوبرنيقيا، ولكنه أضاف أن هناك حاجة إلى نيوتن آخر ليفسر كيفية التحكم الذاتي لغايا من خلال الانتقاء الدارويني الطبيعي.

إن سبب إصراري على دعوة الأرض غايا وقولي إنها حية ليس تحيزا شخصيا، بل لأنني أرى هذا خطوة ضرورية في مسيرة فهم الجمهور والفهم العلمي أيضا لها. وحتى نشعر كلنا - بشكل بديهي - بأن الأرض نظام حي، ونعرف أننا جزء منه، فإننا سنفشل في التفاعل المباشر لحمايتها وفي النهاية لحماية أنفسنا. ولم يحدث حتى العام 2004 أن أدرك قلة من الناس حول العالم بمن فيهم تيم فلانيري وآل غور، أن التغير المناخي أكثر من مجرد مشروع علمي أكاديمي وأنه حقيقة خطيرة تهددنا جميعا. وقبل العام 2004 كان الجدال حول غايا يهمني مع عدد قليل من العلماء فقط، ولكن الفهم الصحيح للأرض على أنها كوكب حي هو قضية حياة أو موت بالنسبة إلى آلاف الملايين البشر، انقراض مجموعة كاملة من الأنواع. وإذا لم نقبل الأرض على أنها حية، وأننا جزء منها، فقد لا نعرف ما الذي سنفعله أو أين سنذهب مع ارتفاع منسوب المحيطات في عالم حار وجاف. ولهذا السبب فإن اسم غايا أكثر ملاءمة لكائن حي كبير من مصطلح باهت مؤسس على مصطلحات علمية عقلانية. كانت غايا في اليونان القديمة إلهة الأرض، وبالنسبة إلى العديد من اليونانيين كانت الإلهة الأكثر تقديسا، وبشكل مثير الإلهة أو الإله الوحيد التي لم تكن موضوع فضيحة.

هل لي أن أذكرك لماذا أدعو الأرض غايا؟ لقد حدث هذا في الستينيات عندما كان المؤلف وليام غولدنغ، الذي حصل فيما بعد على جائزة نوبل وجوائز عدة أخرى، جاري وصديقي القريب. لقد عشنا معا في قرية

بورتشوك على بعد 12 ميلا من ساليسبري في جنوبي إنجلترا. وكنا غالبا ما نتكلم في مواضيع علمية أثناء سيرنا حول القرية أو في بار القرية. وفي العامين 1968 و1969، أثناء سيرنا، جربت فرضيتي عليه، وكان مستقبلا جيدا لها، وعلى النقيض من معظم الشخصيات الأدبية فقد درس الفيزياء بينما كان في أكسفورد كطالب قبل التخرج، وفهم تماما العلم وراء فرضيتي. لقد أصبح متحمسا وقال: إذا كنت تزمع الخروج بفكرة عظيمة كهذه أقترح عليك إعطاءها كلمة مناسبة، إنني أقترح «غايا». كنت سعيدا بهذا الاقتراح، كانت كلمة وليست اختصارا، وحتى في ذلك الوقت رأيت الأرض بطرق معينة ككائن حي، وعلى الأقل إلى المدى الذي بدت فيه تتحكم في مناخها وكيميائيتها. قليل من العلماء يلمون بالآداب الكلاسيكية، ولا يعرفون أن غايا تعطى في بعض الأحيان الاسم الآخر «جي» (GE) وجي بالطبع هي المقطع الأول لعلوم الجيولوجيا والجيوفيزياء والجيوكيمياء. وبالنسبة إلى غولدنغ كانت كلمة غايا - الإلهة التي جلبت النظام من الفوضى - هي اللقب المناسب لفرضية حول نظام أرضي ينظم مناخه وكيميائيته بحيث يدعم قابليته للحياة.

ألفت معظم كتابي الأول «**غايا: نظرة جديدة إلى الحياة على الأرض**» في السبعينيات في إيرلندا. وربما بسبب الشعور الديني العميق لذلك البلد كتبت، «ليست هناك مجموعة من القواعد أو الوصفات للعيش مع غايا، هناك عواقب فقط». كان هذا تبصرا وليس استنتاجا علميا منطقيا، لكن لا شيء حدث في الثلاثين عاما منذ ذلك الوقت يجعلني أغير رأيي. لقد أعيق فهمنا للأرض بسرعة صنع النماذج في الحاسوب ونجاحها. إنني لا أقترح ولو للحظة أن عملية صنع النماذج الحاسوبية ليست عملية ممتعة ومفيدة. وفي الحقيقة ربما كان الكثير من العلم الحديث غير ممكن بدونها. تنشأ المشكلة من أنه من السهل صنع نماذج حاسوبية للعلم العقلاني للقرن العشرين، كما هو لصنع نماذج شمولية مثل نموذج غايا البسيط المعروف باسم عالم الأقحوان. وبمجرد أن يصنع نموذج في حاسوب ضخم وينتج نتيجة مقنعة - خاصة إذا تنبأ بمناخ العقود الماضية بنجاح عندما يشغل بالعكس - فإن تنبؤاته بالمستقبل تميل لأن تقبل على

أنها حقيقة. وهذه هي حال العديد من نماذج المناخ الكبرى المستخدمة الآن من قبل الـ IPCC. إن نظرية غايا شمولية ونظرية للنظام بكامله، وبالتالي لا يمكن نمذجتها بمبادئ علم الأرض أو علوم الأحياء بشكل منفرد. وتقريبا فـإن العلم كله عدا الفيزياء العامة وعلم وظائف الأعضاء والهندسة هي علوم اختزالية. أي أنها تحلل شيئا ما إلى أجزاء لإظهار أجزائه النهائية غير القابلة للاختزال، كالذرات والدنا. بينما يعنى علم النظام الشمولي بالأنظمة العاملة غير المجزأة، كالأرض والكائنات الحية والأدوات ذاتية التحكم التي يصنعها المهندسون. وعدا هذه الأنظمة الديناميكية، فلايزال العلم الشمولي في طور الظهور ولا يستخدم عمليا بشكل شائع حتى الآن.

استخدمت الحاسبات أولا في العلم من قبل الفيزيائيين لمساعدتهم في حل العلاقات الصعبة وبالتعقيدات المحطمة للعقل للمبادئ الجديدة في نظرية الكوانتم. ولم يمض وقت طويل حتى استخدمها المهندسون لحل مشاكل بالصعوبة نفسها ولكنها مشاكل عملية لتطوير اختراعاتهم، ثم بنوا نماذج أظهرت صورا ثلاثية الأبعاد لأشكالهم الافتراضية على شاشة الحاسوب، وهي صور يمكن تدويرها وتحريكها على الشاشة كأنها حقيقية تقريبا. إن المهندسين أناس عمليون، وأشك في أن أيا من نماذجهم مهما بدا حقيقيا، ذهب إلى الإنتاج الضخم من دون اختبار أو تجربة نموذج مادي حقيقي. ثم بدأ علماء آخرون ببناء النماذج واستخدامها لتطوير أفكارهم وتجاربهم.

كانت الحاسبات في الستينيات والسبعينيات أقوى بقليل من الآلة الحاسبة الجيبية، وكانت لغات برمجتها غريبة. عرف أحد أشكال هذا المنطق الرياضي من لغات البرمجة بالاسم «تلميع معكوس»، ولذا فليس من المستغرب أن يتجنبها العلماء غير الرياضيين. وبحلول الثمانينيات أنتجت حاسبات قوية نوعا ما إنتاجا ضخما وكانت سهلة الاستعمال. وكما لا يملك السائق العادي أي فكرة عن عمل السيارة الحديثة، كذلك لا يملك العلماء الذين يستخدمون الحاسوب على طاولاتهم أي فكرة عن تفاصيل عمله، ولكنهم يديرونه بثقة لحل مشاكلهم. استخدم علماء الأرض والحياة الحاسبات لنمذجة دورات العناصر الكيميائية أو تطور السكان.

إن النماذج الحاسوبية مفيدة جدا بحيث لم يمض وقت طويل حتى وضع علماء الحياة والجيولوجيون أجهزتهم الحقلية في المستودع وبدأوا حياة جديدة بالعمل على نماذجهم متظاهرين بأنها العالم الحقيقي. كان هذا المصير البيغماليوني (*) - الوقوع في حب النموذج - سهلا جدا، كما اكتشفت أجيال من الناس الصغار والكبار الذين يلعبون ألعاب الحاسوب. وبالتدريج تطور عالم العلم إلى المرحلة الخطيرة التي فضل فيها بناء النماذج على الملاحظة والتجربة، وعلى الأخص بالنسبة إلى علوم الأرض والأحياء. وبطرق معينة أصبحت النمذجة من قبل العلماء تهديدا للأساس الذي يقوم عليه العلم: القبول بأن الطبيعة هي الحكم النهائي، وأن الفرضية يجب دوما اختبارها بالتجربة والملاحظة على العالم الحقيقي.

يعود البطء في قبول نظرية غايا أيضا على ما أعتقد إلى الزمن الطويل الذي تستغرقه الأفكار العبقرية. فكما أخرت أناقة الفيزياء النيوتنية ظهور الفيزياء الحديثة، كذلك أخر التفسير الصارم للداروينية قبول غايا. لدينا في العلم قول شائع: «تقاس شهرة العالم بطول الزمن الذي يوقف فيه مسيرة التقدم العلمي». ولاتزال عبقرية ديكارت، أبي الاختزالية (التحليل)، تعيق ظهور علم أرض شمولي يشكل فيه علم الأرض وعلم الأحياء علما واحدا. لقد استمر إصراره على الفصل بين العقل والجسد كتأثير بقوة بحيث إن فكرة «اللدونة» أصبحت محترمة منذ وقت قريب جدا فقط: مبدأ أن الفكر يمكنه أن يغير البنية المادية للعقل والعكس.

يصنع الفيزيائيون والكيميائيون النماذج لكنهم عادة يشعرون بمحدوديتها، ويسألون بشكل دائم تقريبا عن التحقق التجريبي. ولسوء الحظ لا يستطيع علماء الأرض وعلماء الأحياء إلا نادرا إجراء التجارب مباشرة على الأرض، وبالتالي يضطرون لأن يكونوا أقل نقاء. وفي أحيان كثيرة تؤلف البرامج التي تشكل نموذجا ما من قبل علماء حاسوب محترفين، أو تكون تطبيقات لنماذج حاسوبية تجارية. قد تكون الأفكار في تلك النماذج للعلماء، لكن النماذج قد تكون غير قادرة رياضيا على

(*) في الأساطير اليونانية، بيغماليون هو فنان نحت تمثالا على شكل امرأة وقع بعد ذلك في حبها، وهي قصة ألهمت عددا كبيرا من الأدباء، لعل أشهرهم جورج برناردشو، الذي ألف في عام 1912 مسرحية رومانسية كوميدية تحمل الاسم نفسه. [المحررة].

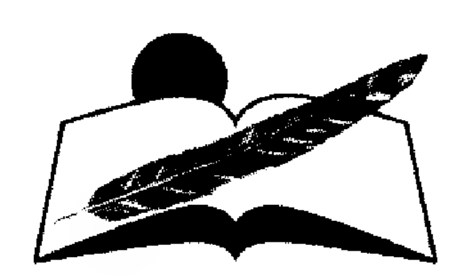
معالجتها. ويبدو ذلك كما لو توقعنا أن تفعل سيارة صممت للسير على الطرقات الشيء نفسه عبر الحقول والأسيجة. ومثاليا يجب أن يكتب العلماء أنفسهم برامجهم، وبهذه الطريقة يمكن لصانع النموذج أن يتفاعل مع نموذجه وربما يمكنه أيضا أن يفهمه.

إن للثقة بصحة النماذج المصنوعة في عزلة من قبل علماء الأرض والحياة تأثيرا سيئا في فهمهم للأرض وفي قبولهم لنظرية غايا. ويعود هذا إلى أن علماء الأحياء فشلوا في إدخال بيئة تستجيب ديناميكيا، وفشل علماء الأرض في إدخال كائنات حية تتطور وتستجيب ديناميكيا للتغير في البيئة. كان هناك سبب رئيس وغير مبرر لترددهم في العمل على النمذجة عبر علوم متعددة. فرياضيات الأنظمة المتحكمة ذاتيا غالبا ما تتضمن علاقات تفاضلية من الصعب أو المستحيل حلها بالطرق التقليدية. ومن السهل جدا الانزلاق إلى الإجراء المعتاد الذي يدعى «جعل التقريبات خطية» ومن ثم نسيان وجودها مع تطور النموذج.

كان على علماء هذه الفروع المستقلة للعلم أن يدركوا أنهم كانوا على المسار الخاطئ عندما اكتشف كل من الجيوفيزيائي إدوارد لورنز، العام 1961، وعالم الأحياء الداروينية الجديدة روبرت ماي، العام 1973، بشكل مستقل أن الفوضى المحتمة تشكل جزءا من صميم النماذج الحاسوبية التي بحثوا فيها. إن الفوضى المحتمة ليست تناقضا، مهما بدت كذلك. وإلى أن بدأ لورنز وماي باستخدام الحاسبات لحل الأنظمة الغنية بالمعادلات الصعبة تشبث العلماء جميعهم تقريبا بالفكرة المريحة التي وضعها الرياضي الفرنسي بيير سايمون لابلاس في العام 1814 أن الكون حتمي، ولو عرف المكان الدقيق لكل جسيم في الكون وعزمه فسيمكن عن طريق قوانين نيوتن إظهار المسار الكامل للحوادث الكونية في الماضي والحاضر والمستقبل. جاء المؤشر الأول على أن هذا أروع من أن يكون حقيقة العام 1890 عندما درس هنري بوانكاريه تفاعل ثلاثة أجسام مرتبطة بعضها مع بعض بواسطة الثقالة بينما كانت تدور حول الفضاء، ووجد أن تصرف النظام غير قابل للتنبؤ تماما. شكل هذا عيبا خطيرا في مبدأ الحتمية، ولكن لم يتم توضيح ذلك حتى العام 1961 عندما استخدم لورنز حاسوبا أوليا ليوضح التصرف

الفوضـوي للطقـس ووجده غير قابـل للتنبؤ تماما بعد أسـبوع. كان لورنز مصدر فكرة «تأثير الفراشـة»، وهي الفكرة التي تقول إن التيارات الدائرية الصغيـرة الصادرة عن رفرفة جناحي فراشـة يمكنها أن تسـبب بعد فترة طويلة من الزمن عاصفة، وأظهر أن هذا يعود إلى أن أنظمة الطقس حساسة جـدا للظروف الأولية لمصدرهـا. ووجد ماي أن النماذج الحاسـوبية للنمو السكاني أظهرت تصرفا فوضويا مماثلا، وخاصة في الأنظمة الحيوية التي تحتوي أكثر من نوعين من الحياة. أثارت هذه الاكتشافات اهتماما واسعا بين الرياضيين والعلماء بطبيعـة الفوضى المحتمة. وظهرت تطبيقات عملية في الاتصالات وأشـكال فنية جديدة، على سبيل المثال تلك التوضيحات المذهلة للرياضيات الكسـرية مثل مجموعة ماندلبروت. كان إنسـانيا جدا ومفهوما ألا يقوم أي من هذين العالمين المميزين باسـتنتاج الكثير من حقيقة أن مبدأ الفوضـى يقترح أن شـيئا ما قد يكون خاطئا بالنسـبة إلى فرضياتهم حول العالـم. كان لورنز وماي ينظـران إلى النظام الأرضي من خلال فروع علمية مسـتقلة تأخذ مبدأ السـبب والنتيجة المحتمة على أنهـا بديهية. ومع ذلك لونظرنا إلى الطقس والنمو السـكاني كنظـام وحيد مزدوج بإحكام نجد أنه خـال تماما من الفوضى المحتمة. وأكثر من ذلك فالنظام المزدوج عصي على الاضطراب ويعطي تنبؤات موثوقة. وهذا هو السـبب الذي يجعلني ألح في توسلاتي لعلماء الـIPCC أن يضمنوا بشكل مماثل النظم البيئية الأرضية في نماذجهم بطريقة مزدوجة بإحكام ومستجيبة.

لا أوحـي بأي حال بأن لورنز أو ماي تخبطا فـي الفوضى. لقد كانا من أفضل العلماء وعثرا على الفوضى بشـكل جيد، كانت لديهما الحكمة لرؤيتها على أنها فعلا اكتشاف كبير بحد ذاتها وهو اكتشاف أغنى العلم والفن.



8

أن تكون أخضر أو لا تكون

ولد والدي، توم لفلوك، في تلال بيركشاير التي تقع فوق بلدة وانتيج الصغيرة، كانت المدينة في أيام الملك الفرد عاصمة إنجلترا. قضى توم سنوات طفولته قريبا من العالم الطبيعي مثل الإنسان الصائد - الملتقط تقريبا. كان يتحدث عن عالم مختلف جدا عن ذاك الذي وصفه معاصره الروائي توماس هاردي. كان توم واحدا من عائلة من 13 طفلا ترعاهم جدتي الأرملة. عمل والدي قبل وفاته في ورشة قريبة لصنع الطوب، كانت تملكها عائلة عالم الطبيعة ج. لوسلي الذي يزين كتابه «**الأزهار البرية من الطباشير والكلس**» سلسلة كولنز «الطبيعية الجديدة». كانت العائلة

«لم يرق مبدأ غابا أو عالم الطبيعة لسكان المدن إطلاقا إلا كمجال للتسلية. لقد فقدنا اتصالنا مع الأرض عندما لم يعد طعامنا وقوتنا يعتمد بشكل فوري وواضح على الطقس.»

المؤلف

خـــلال معظم طفولة توم فقيرة جدا. لم تكن دولة الرفاه الاجتماعي قد وجــدت، وكانت الخطوة الواضحة التالية نحو براثن الفقر هي الذهاب إلـــى الملجأ. ويذكر القليل فقط الآن هول العيش في الملجأ الذي أصاب حيــاة الفقــراء في العصرالفيكتــوري. ليس لدي فكرة عمــا إذا كانت الملاجئ بالسوء الذي وصفه ديكينز، لكن الخوف منها كان حقيقيا وقد حملـــه أجدادي على طرفي العائلة. كان على أعمامي وعماتي من عائلة لفلــوك وهم أطفــال أن يحصلوا على قوتهم مــن الريف، حتى تزوجت جدتي مرة أخرى بعد ذلك بزمن طويل. كان والدي الشقيق الأكبر، ووقع عليه العبء الرئيس في جمع الغذاء. لقد أخبرني كيف ســمح له مزارع محلي بأن يأخذ بعض اللفت مــن حقوله، والوجبة الفقيرة التي تألفت منها. أعطي والدي الفرصة ليصبح متدربا لصياد وقد أخذها. وزودت هـــذه الوظيفة العائلة بوجبتها الأولى مــن اللحم، حيث وصلت الأرانب والطيور إلى المنزل لتعوض وجبتهم الفقيرة. لا تقدم بعض الوظائف في الريف تدريبا جيدا على سلوك الحيوانات البرية، أو ما يعرف الآن بعلم ســلوك الحيوانات، كما تقدمه مهنة الصيــد. قضى توم معظم طفولته يتعلم هذه المهنة الغريبة. وبالطبع من دون الذهاب إلى مدرســة من أي نوع، فقد كان أميا ولا يعرف الحســاب. وعندما بلغ الرابعة عشــرة من عمره، وربما لكونه غير مبال بسبب رجولته المبكرة، قبض عليه الحرس وهو يسرق الصيد في غابات الإقطاعي المحلي. اتهم توم بالاعتداء على ممتلكات الغير، ومثل أمام المحكمة ثم حكم عليه بـ 6 أشهر من الأشغال الشــاقة التي قضاها في ريدنغ غاول. (حصل هذا قبل عدة أعوام من بقاء أوسكار وايلد لبعض الوقت هناك).

بعد هذه التجربة، استنتج توم بحكمة أن مهنته أصبحت الآن معروفة جيدا في وانتيج، ولذا فقــد رحل إلى لندن. وهناك حصل على وظيفة عامــل في صناعة غــاز الفحم الحجري ذات التقانــة العالية في ذلك الوقت. كان مدير مصانع فوكســهول للغاز، الدكتور ليفســي، كيميائيا، وســرعان ما قــدّر أن توم كان فــوق الرجل العادي من حيــث الذكاء. وعندما اكتشــف أنه أمي، أرسله إلى معهد باتيرسي، حيث رمموا جهله

بالقراءة والكتابة والحساب. إنني فخور لامتلاكي رسالة مكتوبة بخط اليد من المعهد تسجل كفاءته. ومنذ ذلك الوقت تحسنت حياته بسرعة في العصر الإدواردي المزدهر في إنجلترا.

كان توم من أفضل الآباء، وكطفل وحيد من زواجه الثاني تمتعت برعايته الكاملة. وخلال التنزه في عطلة نهاية الأسبوع في ريف سُوي والتي كانت في العشرينيات على مسافة قصيرة بالقطار أو الحافلة الكهربائية من بيتنا في بركستون، تعلمت مهنة رجل الريف من أستاذ في سلوك الحيوانات، وطورت منها إحساسا قويا بالريف البري وتقديرا كبيرا له. ولا بد أن هذا التعلم غير المخطط مارس دورا كبيرا في حبي للعالم الطبيعي، وفي تطوير نظرية غايا وكل ما يتعلق بها.

تعلمت من توم الأسماء الشائعة للنباتات البرية مثل سيدات - و - سادة (آروم ماكولاتوم)، الدجاجة السمينة (تشينوبوديوم البوم)، وكزبرة الثعلب القرمزية (أناغيليس أرفينسيس). وفي ذلك الوقت في سفوح تشولك وجدنا «غاليوم فيرم» أو كما كان توم يعرفها، حصيرة السيدة، وفي بعض الأحيان رأينا حوذان قرمزيا رائعا انقرض الآن تقريبا وهو عين الحجل (أو أدونيس أنوا). والآن بما أنه أصبح لدينا تعريف بحسب الجينوم، ربما عادت تلك الأسماء القديمة إلى مكانتها السابقة قبل اعتناق المصطلحات الضرورية، ولكن الباهتة، لليناوس(*). أعتقد أن تلك الأسماء القديمة ضرورية لتقدير أهمية العالم الطبيعي ووضوحه، الذي أضاعته الدقة الأكاديمية الشكلية علينا.

قد يظن أصدقائي من العلماء أن من الغرابة أن أشعر بهذه الطريقة حول علم النبات الحقيقي، لكن الشاعر أوغدن ناش عبر عن شعوري في أبياته:

أقدم لك الآن بروفسور تويست،
عالم وجداني.
تعجب الأوصياء، «إنه لا يخطئ أبدا!»

(*) كارل ليناوس (1707 - 1778)، هو طبيب وعالم حيوان وعالم نباتات سويدي، وضع أسس التصنيف العلمي الحديث، الذي يعتمد على المواصفات الجسدية في تصنيف الكائنات الحية. [المحررة].

ولذا أرسلوه إلى غابات بعيدة.
وبتخييمه على ضفة نهر استوائي،
افتقد يوما عروسته المحبوبة.
وكما أخبره الدليل بعد ذلك، فقد أكلت من قبل تمساح أمريكي.
لم يتمالك البروفسور تويست أن يمنع نفسه من الابتسام،
«أنت تعني، كما قال، «تمساح».

نعيش أنا وساندي الآن في كومبي ميل. لم تكن في الأصل أكثر من كوخي عمال ضمهما مالك سابق ليجعل منهما منزلا بثلاث غرف. بنيت على ما يدعوه الناس في ديفون بالهامز، وهي المروج المائية لنهر كاري الذي يمر عبر الطاحونة. عندما وصلت العام 1977، كانت الطاحونة وبيت الطحان خربتين ولا أمل في إصلاحهما. كانت الأبنية في ذلك المكان جميعها مبنية من الكوب، وهو مزيج من القش والطين يعرفه المكسيكيون بالأدوب (لبنات الطين): وهي مادة بناء جيدة لكنها طبيعية تبقي المنزل دافئا في الشتاء وباردا في الصيف. ويشتهر الطقس هنا بأمطاره الشديدة ورياحه القوية، وهو غير مثالي لبناء من الطين والقش، لكن صديقي البناء المحلي أخبرني: «ستكون جيدة ما بقي رأسها وقدماها جافين»، وعلى الرغم من الريح والمطر بقيت جدران كوخنا من الكوب قوية ومتينة لأكثر من 250 عاما. صنع السقف من شرائح الديلابول، ولايزال العديد منها في مكانه؛ حيث أبقت هذه الشرائح مع بعض المدامك من الصخر المحلي في الأسفل الجدران من الكوب جافة. ثم تدهورت المطحنة والطاحونة نفسها بسرعة حالما فشل السقف في وقف المطر.

لم تكن طاحونة كومب ميل مجرد طاحونة عادية لطحن الحبوب، بل كانت ورشة عمل بمخارط وطاولات للنشر، يجلب إليها المزارعون المحليون أخشابهم لتحويلها إلى أشياء مفيدة. وعلى الرغم من أن «الطاقة المتجددة» - الطاقة المائية - كانت أقل اقتصادية بكثير من شراء الكهرباء من الشبكة الوطنية فإن الطاحونة كانت مشروعا رابحا حتى الستينيات. ثم حصلت أشياء عدة. أولا غيّر النهر مساره،

ثم جف المجرى الذي زود دولايب الطاحونة بالمياه، ثم أغلق الخط الحديدي الذي يمر بالقرب من الطاحونة. وكانت المصيبة الأخيرة وصول الكهرباء الريفية، التي جعلت أي محاولة من قبلنا لإعادة تأهيل الطاحونة عقيمة.

لا بد أن كومب ميل كانت قبل الستينيات مكانا مثاليا على الطريقة الريفية الطبيعية. كانت بحيرة الطاحونة عامرة بالأسماك، وفي النهر كان سمك السلمون البحري والنهري يسبح ويعشعش على ضفافه. حتى عندما وصلنا في أبريل من العام 1977 كان غناء الطيور يملأ الهواء، ولاحقا في ذلك العام أسعدنا الأزيز منخفض النبرة للدبابير وهي تمضي في طريقها بعناد، وخلافا لأبناء عمومتها من الزنابر فإنها لم تضايقنا أو تستقر علينا. وحتى القضاعات جاءت لزيارتنا. ومن نواح عدة كانت كومب ميل آنذاك بمنزلة حلم حياة جيد تحقق. وبالنسبة إلى زوجتي الأولى، هيلين، التي كانت آنذاك مصابة بتصلب أنسجة متعدد، كانت العزلة (كان أقرب منزل على مسافة نصف ميل منا) نعمة بعد الاهتمام المقلق جدا في منزلنا السابق في قرية باورتشوك، التي كانت أقرب بـ 130 ميلا إلى لندن. وبالنسبة إلى شخص انعزالي مثلي، فقد كان من المريح أن تحب هيلين العزلة كما أحبها. كنا في عمق الريف الطبيعي بأربعة عشر فدانا من المروج، والتي أصبحت خمسة وثلاثين سريعا بعد ذلك. كنت في ذلك الوقت عالما مهتما بعمق باستنزاف طبقة الأوزون بواسطة مركبات الـCFC لم أختر أن أنخرط في هذا الموضوع البيئي المسيس الذي أثار في ذلك الوقت الاهتمام نفسه الذي يثيره موضوع تغير المناخ اليوم: الحقيقة هي أنني بدأت ذلك بالمصادفة! لقد حدث ذلك لأنني اخترعت الجهاز الذي يقيس تركيز مركبات الـ CFC وكما لو كان ذلك غير كاف، فقد حسبت أيضا أن هذه المركبات غير الضارة ظاهريا تتراكم في الهواء بدون توقف. ونتيجة لذلك كان من الصعب تجنب العمل على تلك المشكلة الجوية. جاء الضغط الأكبر للعمل في هذا الموضوع من الحقيقة الغريبة وهي أنني كنت العالم الوحيد في العالم الذي كان يقيس تركيز مركبات الـ CFC في الجو

بدقـــة معقولة؛ وقد يبدو هذا التصريح تفاخرا زائفا، لكنه ليس كذلك. وللقيـــام بعملي كنت بحاجـــة إلى مختبر بعيد عـــن أي مصدر لإطلاق هـــذه الغـــازات بالمصادفة، مثل براد يهرّب أو علبـــة بخاخ. كانت كومب ميل بأربعة عشـــر فدانا من ريف مؤلف من المـــزارع الصغيرة والبعيدة مثاليا. كانت مهمتي الأولى أن أرتب مع مهندس معمار وبناء محلي بناء مختبر قريب من المنزل. ومع أوائل العام 1978 كان المختبر مبنيا ويعمل بالكامل. ولكن ما الذي يمكن أن أفعله بأربعة عشـــر فدانا من الحقول الصغيرة المحاطة بسياج قديم؟

وبـــذا بدأ لقائي الكارثـــي الأول والأخير بالوقود الحيوي. قرأت في «مجلة فارمرز ويكلي» أن الأمير تشـــارلز ركّب في مزرعة قريبة غلاية تحرق العشـــب للتدفئـــة المركزية. وفكرت ببراءة، «كـــم هي فكرة رائعة لتدفئة كومب ميل: مع وجود عشب كثير سيكون هناك وقود كاف ويمكن بيع الفائض». اشـــتريت إحدى هذه الغلايات المصنعة بشكل خاص من شركة في هاثرلي القريبة وركّبتها في بناء خارجي ووصلتها إلى البيت. كان قص العشب وحزم رزم منه عند نهاية الموسم من عمل مزارع لطيف يعيش بالقرب - المشكلة الوحيدة هي أنه رفض الأجر، وقال إنه ببساطة يساعد جاره. كانت التعليمات هي وضع رزمة من القش في الغلاية التي كانت على شـــكل أنبوب أسطواني، وإشـــعال أحد طرفي الرزمة كما لو كانت سيجارة. وإذا أغلقت الباب فإنها ستشتعل وتسخن الماء ولا تتطلب اســـتبدالا لمدة 12 ســـاعة. وبالنســـبة إلي كان هذا كله اقتصاديا جدا وصديقا للبيئة. كان ثاني أكســـيد الكربون المنبعث من الغلاية مستعارا من العشـــب من هواء الســـنة الســـابقة، ولذا فقد كنا نقوم بإعادته إلى الجو فقط.

كانت تلك هي النظرية، ولكني عمليا وجدت سريعا أن الغلاية كانت أكبر من قدرة رجل مشـــغول للعمل عليها، لأنها نادرا ما بقيت مشـــتعلة لأكثر من ســـاعة واحـــدة، وخطر لي أنه ربما كان لدى الأمير تشـــارلز عدد من المساعدين الزراعيين يعملون على هذه الغلاية الحارقة للعشب والحفاظ عليها مشـــتعلة. وفي الشتاء البارد وحيث أصبحت يائسا من

متطلبات هذه الغلاية المزعجة جربت المحاولة الخطرة بحقن الأكسجين في أنابيب الهواء، كنت أعلم أن زيادة ولو 1 في المائة من الأكسجين في الهواء الداخل تضاعف تقريبا فرصة بقاء النار مشتعلة. لقد ساعد هذا قليلا، ولكنها كانت بالكاد طريقة اقتصادية أو صديقة للبيئة للتدفئة المركزية. واقترح صديق يعمل في الغابات اسمه السيد توماس بلطف أن جذوع الشجر أسهل في الاحتراق وأن لديه الكثير منها. اشتريت حزمة منه بسعر رخيص للغاية وبعد ذلك أصبحت الحياة سهلة بعض الشيء. ثم حصل ما يشبه الكارثة، في شتاء العام 1980 غُطي الممر الحجري خارج مبنى الغلاية بالجليد، وعندما ذهبت لأقدم حزمة من الأخشاب مستخدما جراري الصغير تزحلق على الجليد وسقط في منحدر قريب وانقلب، بحيث رماني تحت مقود الجرار. أغلقت المحرك (الذي كان الآن يعمل وهو مقلوب) واستطعت بمجهود خارق أن أسحب نفسي من تحت المقود. لم أكن أتألم كثيرا واستطعت أن أتجول، ولذا افترضت أنني نجوت بالحظ. لكنني استيقظت في الليلة التالية في الفراش بوجع أليم في فخذي، وافترضت بغباء أن عضلات رجلي تأثرت بالحادثة. واكتشفت بعد عدة سنوات أنني في الحقيقة تحطمت كليتي اليسرى وأصبحت غير صالحة للعمل.

أعيد الجرار سريعا إلى العمل، ولكنني لم أحسم ما الذي كنت أستطيع فعله بعشب أربعة عشر فدانا من الأرض. عندها فقط خطر لي أن الشيء الصحيح هو ترك أرض كومب ميل تعود إلى الطبيعة، إلى غايا. ولأنني رجل عجول كانت خطيئتي التالية هي أن أفترض أنه يمكن تسريع العودة إلى الطبيعة بغرس الأشجار. أردت أن أقوم بذلك بالشكل الصحيح، ولذا فقد طلبت نصيحة بيئي مختص بالغابات، وقد زارني ليتفحص الموقع وأرسل إلي خريطة تبين المواقع التي يتوقع أن تنمو فيها الأصناف المختلفة من الأشجار بشكل طبيعي، - الصفصاف وجار الماء على ضفاف النهر، البلوط والدردار في الحقول، وأشجار محلية متفرقة أخرى، بما فيها شجرة القيقب الإنجليزية، وشجرة المسافر، وشجر القضبان والزان. بدت

كلها الشيء الصحيح والصديق للبيئة، وبالمناسبة، فهي تقدم حياة من المتعة خلال السفر في الجو.

لماذا كان من الخطأ غرس الأشجار؟ ما كان يجب أن أفعله هو أن أكون شجاعا وأترك الحقول وحدها بحيث تقوم غايا في الوقت المناسب ليس بزرع أشجار فقط، ولكن بزرع نظام غابة بيئي كامل. إن الغابة أكثر من مجرد أشجار : هناك التربة التي تزخر بالحياة عند كل مستوى من البكتيريا إلى الديدان والخنافس وحتى الخلد والغرير، ثم فوق الأرض هناك نباتات قرب سطح الأرض، الأحراش، وبالطبع الطيور والحيوانات التي تحتل ما أصبح الآن غابة حقيقية. ولحسن الحظ زرعت ثلثي الخمسة والثلاثين فدانا فقط بالأشجار - عشرين ألفا منها. وعلى الثلث الذي كان مرجا سمحت بأشجار وشجيرات مزروعة ذاتيا لتأتي من الأطراف. هناك نظام حول هذا النمو الطبيعي، تفشل الصفوف المنتظمة من الأشجار المزروعة في إظهاره. الآن يتغير المناخ وربما لن تبقى الأشجار المزروعة، لكن النظام البيئي الطبيعي يمكن له أن يتطور ويغير تنوع أصنافه، وأن يتأقلم مع أي مناخ جديد.

وكالعديد من سكان المدن الذين يقطنون في الريف، تصورنا عندما انتقلنا إلى ديفون لأول مرة أن سيارة دفع رباعي ستكون ضرورية، وخاصة في الشتاءات المثلجة منذ ثلاثين عاما. لقد صحّحنا منذ زمن هذا الخطأ، ونقود اليوم هوندا جاز صغيرة لكنها واسعة ونتنقل ليس أكثر من ستة آلاف ميل في السنة. كان حانوت القرية الملاصق لمركز البريد على بعد ميلين، وكنا نذهب دوما مشيا إليهما. ولم يكن من الممكن تجنب الزيارة الأسبوعية للسوق الكبير في لاونسيستون، كما هي حال الزيارات المتكررة إلى اكستر على بعد 45 ميلا للركوب بالقطار إلى لندن والعالم. تنار كومب ميل بمصابيح «فلوريسانت» منخفضة الطاقة كما كانت منذ ثلاثين عاما. وعندما لا تستخدم تبقى حواسبنا في حالة الاحتياط أو تغلق. ويجب أن أسارع بالقول إننا اخترنا هذه الأجهزة والإجراءات منخفضة الطاقة ببساطة لنتجنب الهدر. ولأننا ترعرعنا في أوقات الحرب والانكماش الاقتصادي، فقد طور سكان كومب ميل غريزة تجاه نمط الحياة المتقشف.

كانــت عائلة لفلــوك بطيئة في تبني نمط حيــاة غايا الحقيقي. إن الطريق نحــو الفضيلة مزروع بالأخطاء الغبية. وقد ســجّلت مســبقا بعض هذه الأخطاء، لكن الخطأ الذي أتذكره بشــغف كان محاولة العام 1978 لعيــش «حياة صالحة» قائمة على البســتنة ضمن حد الكفاف. كانت هناك خمســة أفدنة من الحقول خلف بيتنا، وقد شــجعني مقال في مجلة يوصي بزراعة البطاطا تحت غطاء من البلاســتيك الأسود. وضعت صفيحة من البولي إيثيلين الأســود بمساحة 10 م2 فوق عشب الحقل، وثبّتها بالأرض لأمنعها من الطيران مع هبوب الريح. ثم أحدثت سلســلة من الشقوق العرضية في البلاســتيك بسكين ستانلي، وحقنت بذور البطاطا في كل منها. لقد حجب البلاســتيك الأســود الضوء عن العشــب، ولذا هلك العشــب وأصبح على شكل ســماد عضوي تتغذى البطاطــا عليه. وحقا نمت البطاطا وبســرعة بــرزت الأوراق والأزهار الجيدة من ســطح البلاســتيك الأســود. وعندما حان الوقت لحصاد محصولــي، قمت بنزع الصفيحة ورفعتها من إحــدى الزوايا. كان حقا محصولا رائعا، وانحنيت لألتقط حبة البطاطا الكبيرة الأولى ثم قفزت بعيدا. كانت الصفيحــة بكاملها تحفل بحركة الأفعى أدرز، وهي الحية السـامة الوحيدة في إنجلتــرا. لقد زحفت تحت الصفيحة لتســتمتع بالدفء المحصور من الصفيحة السوداء، ووجدت مصدرا لا ينضب من الغـــذاء من القوارض الصغيرة التي أتت من الجوار لتأكل البطاطا. هنا كما فكرت كان النظام البيئي التام: ازرع البطاطا بهذه الطريقة وسوف تحصل على الأفاعي لحراســة المحصول. وللأسف لم يتحقق هذا لأن الشــتاء التالــي كان الأبرد الذي خبرناه حتــى الآن. فقد هبت عاصفة مــن الثلج الناعم كالغبار طيلة إحــدى الليالي وعزلتنا عن بقية إنجلترا لحوالي أســبوعين. وأعــاق تراكم الثلوج حتى علــو 3 أمتار الطرقات، وهبطــت درجة الحرارة في كومب ميل إلى 4-°ف. وفي الســنة التالية عندمــا جاء الصيف اختفت أفاعي الأدرز وأفاعي الأعشــاب جميعها، وكذلك اختفت آمالي بمزرعة بطاطا وأفاع. وتساءلت عما إذا كان البرد أو الثلج الكثيف هو الذي قتلها. ومهما كان الســبب فإنه يظهر أنه حتى

في الدفء النسبي لجنوب غرب إنجلترا يمكن للطقس الاستثنائي أن يحدث. لم يحدث شيء كهذا خلال الثلاثين سنة اللاحقة، ولكن في أربع مناسبات على الأقل، حتى العام 1990، تجمد نهر كاري السريع الذي يمر عبر الطاحون بما يكفي للمشي عبر عرضه البالغ 15 ياردة. ومنذ ذلك الوقت جعل ميل الاحترار العالمي الشتاء معتدلا بهطول ثلجي قصير يذوب بسرعة، وبحيث لا يهبط الجليد إلى أقل من 23° ف. ولا يظهر النهر حتى ولا شظية من الثلج على حافتيه.

وقعت في الخطأ نفسه تقريبا بتصور أن مزرعة الدبابير ممكنة. فبعد وصولنا إلى كومب ميل بوقت قصير، دهشنا وفزعنا قليلا من كثرة الدبابير. والدبور الإنجليزي أكبر بكثير من الدبور الأمريكي الصغير الأسود والأصفر الأكثر إزعاجا، إنها حشرات ضخمة بطول 2 بوصة أو أكثر، وبحلقات بنية غامقة وصفراء محمرة حول بطونها. إن لسعتها قوية ولكن (كما ذكرت) فإن سلوكها آمن. إنها آكلة لحوم (Carnivorous) تفضل أكل الحشرات الأخرى على أكل المربى والطعام الحلو. إنها لا تسبب مشاكل على الإطلاق ما لم يحرك عشها بشدة، أو تجلس على إحداها بالمصادفة. وقد أخبرني مزارع محلي «أنت محظوظ لوجود الدبابير، لأنه لو كان لديك دبور فلن تزعجك الزنابر». كان محقا، ولكن كغبي تصورت في ذلك الوقت أنه يمكن تشجيع أعشاش الدبابير وأن الملكات تحصد لتخدم كوسيلة صديقة للبيئة لإيقاف الزنابر.

وببطء، كما ترى، أصبحنا فضلاء بيئيا كما هو عملي، ولكننا أدركنا أن هذا ربما لم يكن كافيا. وربما استطاعت ساندي وأنا أن نعيد بناء طاحونة الماء وتوليد الكهرباء. ومن المفيد أن حكومتنا ستكافئنا الآن بشكل كبير بمعونة لو ركبنا توربينا ريحيا، ولكنها حتى وقت قريب ثبطت الاستخدام الخاص للطاقة المائية. لم نشارك في الضجة حول الطاقة الصديقة للبيئة ونراها غير ناضجة ومدفوعة بعقيدة خاطئة وبجشع المصنعين والمطورين الذين يشمون الربح السهل من الدعم المضمون من الإلزام بالطاقة المتجددة. نحن سعداء بأخذ الكهرباء التي نحتاجها

من الشـــبكة الوطنية : فالطاقة المنتجة منزليا ربما تكون خطيئة أخرى. ففي بلادنا الصغيرة المكتظة بالســكان فإن إنتاج الكهرباء في محطات طاقـــة كبيرة وكفؤة أفضل من الإنتاج الفـــردي الخاص. إننا ندعم بقوة برنامجا وطنيا ينتج الطاقة بشـــكل رئيـــس من المفاعلات النووية الأقل تلويثـــا بكثير، والتي هـــي الآن الأكثر اقتصاديـــة وموثوقية بين مصادر الطاقة الصديقة للبيئة. وكنا ســـنرحب بمولد حرارة نووي مركب بشكل جيد في كومب ميل لو كان بإمكاننا ذلك.

اعتقدت أنا وســـاندي أننا من الخضر لأننا عشـــنا حياة صالحة في الريف وزرعنا الأشـــجار. اعتقدنا أن التنمية المســـتدامة والطاقة المتجددة بـــدت منطقية. وعندما كنت يافعـــا اعتقدت، كما فعل ألان بينيت، أنه لا يمكن لشـــخص ذكي إلا أن يكون اشتراكيا. الآن انتقلت مـــن جهة لأخرى، وتغير لوني مـــن الأحمر إلى الأخضر - كيف يمكن لأي شـــخص ذكي أن يعتقد غير ذلـــك؟ كان من الصعب تقبل حقيقة أننـــا نحـــن الخضر غزاة إمبرياليـــون من المدن، نجتـــاح ما تبقى من الريف الإنجليزي، وبكبرياء مريدين مؤمنين نعمل على تغييره لصالح عقيدتنـــا الجديدة. لقد خطـــر ببالي أننا نحن الذيـــن نعيش الحياة الجيدة نشبه المبشرين المسيحيين الذين كانوا من دون أن يعلموا رواد الاستعمار الإمبريالي؛ ومثلهم، كنا حراس الحضارة المدنية التي كانت ستقهر الريف قريبا وتجعل سكانه مثلنا. لقد تبين مدى خطئي وخطأ الكثيريـــن من الحركة البيئية من لقاء قصيـــر مع جاري المزارع بيللي دانييل أثناء سيرنا بالقرب من كومب ميل، لقد قال بطريقة صديقة : «هل تعلم أنك ستفلس قريبا؟»

وسألته: «لماذا ترى ذلك؟»

قال بيللي: «لم يكسب أحد هنا مالا بغرس الأشجار».

كان محقـــا. كانت نواياي الخضراء الطيبة غير اقتصادية - على الأقل كانـــت كذلك في ذلك الوقت. وبعد عشـــر ســـنوات أو أكثـــر بقليل قررت المجموعة الأوروبية دعم التصرف الصديـــق للبيئة، وبالتالي أصبح غرس الأشـــجار مربحا بعض الشـــيء. كانـــت عائلة دانيال والعائـــلات المزارعة

الأخرى في غرب ديفون تعيش في توازن طبيعي مستقر كجزء من النظام البيئي. لقد تجنبوا لفترة طويلة مأساة المشاع باستخدام أسيجة تحدد حدودا واضحة وقانونية لأراضيهم. وماعدا ذلك كانوا رعاة يرعون الأغنام والأبقار على المروج العشبية الغنية.

قبل أن تفجّر راشيل كارسون قنبلتها الخضراء، كانت الصداقة للبيئة شيئا ممتعا - كانت احتفالا بجمال العالم الطبيعي وترتيبه الأنيق، وكان هذا الشعور هو الذي دعا العديدين لمناصرة الحركات البيئية أو الانخراط فيها. كان التلوث والضبخة أشياء تحدث لهواء المدن، وتجعل الحياة بائسة لأولئك الذين كانوا يعيشون في لوس أنجلوس أو لندن أو مدن أخرى عديدة. كان العالم الطبيعي موجودا خارج المدن، وبدا غير ملموس وغير متأثر، ولم ندرك بأي حال أن الأعداد المتزايدة باستمرار من الناس بدأت تدمّر عالمها بلا مسؤولية. ثم أرتنا راشيل كارسون في الستينيات أن منتجات صناعاتنا - المبيدات التي يستخدمها المزارعون - كانت تقتل الطيور في الريف بأعداد كبيرة. لقد أشّر كتاب «**النبع الصامت**» إلى نقطة تحول فصلت العالم البريء القديم للطبيعيين والشعراء بشعور من الدهشة بجمال الأرض، عن عالم جديد لسكان مدن جهلة، لكنهم بحكمة المدن يحملون نظرة عاطفية للطبيعة. وسأكون مسرورا لو علمت أن أي شخص استخدم الكلمة «أخضر» بالمفهوم الطبيعي الأقدم قبل أن تصبح كلمة تدل على اعتقاد بيئي إنساني. هل رأت كارسون نفسها قبل أن تكتب كتابها على أنها «خضراء»؟ في السبعينيات توقفنا عن تنوّرنا بميزات العالم الطبيعي، وبدأنا نرى الطبيعة ونسمعها من خلال الصور التلفزيونية، وكان ما نراه غالبا مشوها أو محمّلا بأفكار الشخص الذي يقدمه. وفي بعض الأحيان كنا محظوظين ورأينا العالم الحقيقي للطبيعة من خلال عيون مقدم تلفزيوني موهوب يحب الطبيعة، ولكنه غالبا كان وصفا مسيسا عن التلوث الناجم عن الصناعة. كان لأصدقاء البيئة بهذه الطريقة شعور بالذنب والندم، ومعرفة متزايدة جلبت مرة الحكمة والمتعة والفهم وأكدت أن بصماتنا الكربونية أشد سوادا من الخطيئة.

ومن سن الطفولة إلى الآن فكرت بنفسي كشخص يريد أن يعيش الحياة الطبيعية ويحترم الحياة البرية والبراري. وجعلني هذا أقضي معظم وقت فراغي في الريف الإنجليزي، وترعرعت لأحب ذلك. لم تكن صدمة «**النبع الصامت**» وحدها هي التي أيقظتني من سذاجتي. كانت الستينيات هي الوقت الذي استنفد فيه التحول لاستخدام الآلات والإنتاج الزراعي الضخم الريف من الحياة البرية. لقد اعتبر المزارعون دوما الأشياء الحية، عدا الحيوانات الداجنة والمحاصيل والمساعدة المأجورة والأقارب، غير مرغوبة، والآن زودت الصناعة المبيدات. وفقط في الأجزاء النائية من بريطانيا بقي شيء يشبه الريف القديم. وبالنسبة إلى معظم المزارعين بدأت متع الحياة المدنية تملأ عقولهم وتعجل انفصالهم عن الطبيعة. والآن في القرن الحادي والعشرين يسيطر عالم البشر في المدن، ويوجد الريف كأحد خدماته فقط، حيث يستخدم كنظام داعم للحياة: مكان للمزارع التجارية، ووحدات للصرف الصحي، وخزانات المياه، والآن مواقع واسعة للطاقات البديلة التي تحافظ على المدن مضاءة بما يبدو أنها طريقة خضراء تماما. تحول ما بقي من الريف بسرعة إلى مجموعة من الحدائق ذات وظيفة خاصة متصلة بسهولة بطرق السيارات.

على الرغم من هذا لا أزال صديقا للبيئة بمفهوم بداية القرن العشرين، بأفكار تشكلت من تلك الفلسفة الجيدة القديمة. إنني أعلم أنني من الطراز القديم تماما، ولكنني أعترف أنني مسؤول جزئيا، بقصد أو من دون قصد، عن التحول من الاستمتاع البسيط والصديق للبيئة إلى اعتقاد ضيق محدود. وعندما ندّعي أن راشيل كارسون هي من أسس الحركة البيئية ننسى أنه كان لها مثل علماء الطبيعة من المدرسة القديمة حب بريء للريف والبرية ظهر في كتبها الأخرى وخاصة كتابها «**البحر حولنا**». أدى التحول من تحذيرها بأن صناعاتنا تهدد الحياة البرية إلى التحذير بأنها تهددنا كأفراد إلى ظهور العقيدة البيئية المتطرفة. كان هذا هو سبب التحول من شخص صديق للبيئة يمتلك شعورا بالدهشة، مع اهتمام بالعالم الطبيعي، إلى متحزب وإلى

قضية سياســية جدلية، لم تكن في أحســن الأحوال أفضل من النزعة الانســانية في المسيحية أو من الاشــتراكية، وفي الأسوأ سوى تطرف فوضــوي. كان دوري فــي حدوث هذا التغير هو تمكــين العلماء الذين اســتخدموا اختراعي الـECD ليبرهنوا بصورة قاطعة حقيقة ادعائها: لقد انتشــرت المبيدات والمواد الكيميائية الســامة الأخرى في كل مكان فــي العالــم. ووجــد بعــد ذلــك أن مركبــات الـCFC تتراكم في الهواء وتهدد كيان حزام الأوزون.

تطورت الفلســفة الصديقة للبيئــة بطريقة معقــدة. ولاتزال هذه الفلســفة متشــعبة وتفشــل فــي التحدث بصــوت واضــح وحيد. إن الاختلافــات بين المدن والريف والحيــاة البرية تعود إلى ألفي عام على الأقل: أشــار سقراط إلى أن لا شيء مهما يحدث خارج أسوار المدينة. ولعنت أجيالٌ من الفلاســفة الطبيعيين بمن فيهم رَسْكِنْ، وثورو، وجون ستيوارت ميل، وشعراء مثل بليك، ولونغ فالو، ووردزورث عواقب الثورة الصناعية. واهتمت جماعــات البيئة الأولى مثل صندوق الحياة البرية العالمي، وأصدقاء الأرض، ونادي ســيرا بشــكل رئيــس بالحياة البرية وضيــاع الريف أو البرية. ولم يحدث حتى الســتينيات أن جعلنا التقدم في العلم ندرك أن المبيدات والسموم الأخرى انتشرت حتى وصلت إلى طائــر البطريق في القطــب الجنوبي، وأنها فــي الحقيقة موجودة في جسم كل شخص على الأرض. لم يعد الخطر المتصور منحصرا بالحياة البرية فقط، إذ أصبح يعتقد الآن أنه تهديد حقيقي وخطير على البشر. ولم يمض وقت طويل حتى حصل دمج آخر بين فلســفة البيئة وفلسفة اليســار. لقد قيل بأن الســموم الصناعية هي نــواتج صناعات لا تهتم إلا بالربح. وأصبح اليســار قادرا على القول بأننا جميعا ضحايا أعداء الماركســية القدامى، وهم الرأســماليون - فهم الآن لا يستغلوننا فقط بل إنهم يســمموننا أيضا. وتشوهت النوايا الصديقة للبيئة أكثر عندما اتحدت بالمنظمات المحترمة جدا المضادة للأســلحة النووية. ويتفق كل شــخص تقريبا على أن استخدام السلاح النووي في الحرب أمر سيئ، وكان هــذا الانصهار بين التفكير الصديق للبيئة والدعوة للســلام وراء

تشـــكيل حركة السلام الأخضر (غرين بيس Greenpeace) كانت هناك أسباب جيدة للاعتراض على التمادي المجنون في اختبار أسلحة نووية أقوى، لأن العالم أصبح العام 1963 ملوثا تماما بالنشـــاط الإشـــعاعي نتيجة لذلك.

لم أكن أبدا مناصرا متحمســـا لأي مـــن هذه الحركات، لأنني كعالم عامل عرفت أن حساسية الأجهزة التي استخدمناها لاكتشاف الإشعاع والمـــواد الكيميائية دقيقـــة جدا بحيث إنه يمكن تحديـــد آثار منها أقل بـــآلاف أو ملايين المرات من الكمية المؤذية بســـهولة. وفي الحقيقة لم يكن هناك أي تلوث مهم بالمواد الســـامة فـــي أي مكان، عدا عن مواقع اختبـــار القنبلة الذرية، أو على المزارع التي تنثـــر عليها المبيدات. وفي زمن كارســـون عانت الحياة البرية وخاصة الطيور بشـــدة من تجاوزات الزراعة التجارية، وليس من التســـمم بالمبيـــدات فقط، ولكن أيضا من إزاحة مواقع التعشـــيش في الأســـيجة والتغيرات الضخمة الأخرى في إجراءات الزراعة التي أثرت بشـــدة فـــي مواطنها. لقد اهتمت الحركة الصديقة للبيئة بما حدث للناس الذين يستهلكون طعام المزارع، وبشكل هامشي فقط بالعالم الطبيعي.

كان التضخيـــم المنحـــوس لكن المحتّـــم للخوف من المواد الســـامة والمســـببة للســـرطان الطريقة التي موّلت البحث العلمي في النصف الثاني من القرن العشرين. وعرف الباحثون الشباب أو الطموحون أن تقدمهم يعتمد على نشر أوراق علمية يرجع إليها باحثون آخرون مرارا والتي كانت مثيرة بما يكفي لتشـــبع نهم وســـائل الإعلام لقصة. وكان اكتشاف أن مادة كيميائية شـــائعة الاستخدام، كمنظف المطبخ، سامة لصنف من الحيوانات بمنزلة اكتشاف عِرْقٍ غني بالذهب بنحو مؤكد. ثم كان اكتشـــاف وجود هذه المادة الكيميائية في سلســـلة غذاء البشر كافيا لبدء قصة خوف في وسائل الإعلام، في المقابلات، على الراديو والتلفـــاز، وأعمدة الصحف. أما كون المقدار المكتشـــف في السلســـلة الغذائيـــة أقل غالبـــا بملايين المرات من الجرعة الســـامة للإنســـان فـــكان أمرا مهملا. وهناك عدد من المـــواد الكيميائية المختلفة في كل

منــزل، ولذا نمت هذه القصص، وقبل مضي زمن طويل منحت العمل للمحامين والمشــرّعين وأصبحت العملية صناعة قائمة بذاتها. يصف القاص الملهم مايكل غريشتون في كتابه «**حالة خوف**» هذا التلاقي في المصالــح الذي يربط العلماء الأكاديميين ووســائل الإعلام وجماعات الضغط البيئية والمؤسسة القانونية. في قصته كانت القضية مؤامرة، لكن في الحياة الواقعية فإن التجاذب بين الفرقاء المعنيين كاف ليجعل المؤامرة غير ضرورية. يجب ألا ننسى أبدا أن ارتباطات من هذا النوع يمكــن أن تســبب أذى كثيرا. ويمثل الحظر غير الحكيــم والمبالغ فيه على استخدام الـDDT بسبب إشاعات أنه قد يكون مسرطنا للإنسان مثــالا واضحا على ذلك. إن الـDDT المســتخدم بشــكل معقول رادع قوي لانتشار الملاريا من البعوض في المناطق الاستوائية، بحيث قدرت منظمة الصحة العالمية WHO أن حظره أدى إلى موت الملايين وعجز مئــات الملايين. ومنذ عام 2006 دعمــت منظمة الصحة العالمية بقوة استخدام الـDDT لمكافحة الملاريا.

وكمــا قلت عملــت الحركة البيئية في الشــطر الأخيــر من القرن العشــرين في معظمها ضمن اليسار السياسي. ثم نقل الإدراك البطيء بأن الرأســمالية تعمل أفضل من معظم النظم الاشتراكية، والذي سرّع بانهيار الشــيوعية السوفييتية في روســيا وأوروبا، التفكير البيئي إلى أرض ليبرالية إنسانية عالية رأت التهديد للأرض وفق العواقب المباشرة لرفاهيــة الناس. لكن لا يزال هناك عدم إدراك أن الأذى لنظام الأرض غايــا هو فــي النهاية أخطر من الأذى للإنســانية. وببطء خطر لنا أن الأرض قد تكون أقوى منا، وأنها تهددنا الآن وأننا أخيرا نسمع الصرخة «علينــا أن ننقذ الكوكب!»، ولايزال هناك على مــا أعتقد طريق طويل يجب أن نمضي فيه.

يقترح نايجل لاوسون أن الحركة البيئة الحالية هي بمنزلة دين جديد. وإلى حد ما فإنني أتفق معه كشخص كنت يوما أخضر على الطراز القديم: إننــي منزعج للأهميــة الرمزية لعنفــة رياح ضخمة مركبــة على هضبة خضراء. ويبدو أنها تســخر من الصليب. وترى هذه الأيقونة الجديدة في

إعلان بصفحة كاملة لشـــركات الطاقة، وعلى الأخص تلك الشركات التي تبيـــع الطاقة من الوقود الأحفوري. إنها تطهّر نفاقهم ونواياهم في المضي بالعمل كالمعتاد، وهم يعلمون أن طاقة الرياح؛ بســـبب عدم كفاءتها، ليست تهديدا لمجال عملهم الرئيس.

عشـــت في الستينيات عدة ســـنوات في هيوستن، تكساس، وعملت في مجال التحديات الجديدة والمثيرة للســـفر فـــي الفضاء. لكنني في حياتي اليومية لم أســـتطع إلا أن ألاحظ الأخلاق القاسية ولكن الطيبة للمعمدانيـــين الجنوبيين. كان الأبرز من اعتقاداتهـــم الضرر من تناول الكحول، وعلى النقيض مـــن أوروبا، أو حتى من نيو إنغلاند، فقد حرم القانون في تكساس في ذلك الوقت المتعة غير الضارة لكأس من الخمر تقدم فـــي مطعم مع وجبة الطعام. لكن من المدهش أن القانون ســـمح بشـــراء زجاجة من الخمر من متجر قريب لبيع الخمور، ثم أخذها إلى المطعم لتناولها مع الوجبة. لقد اجتمعت صناعة المشـــروبات الكحولية مع الكنيســـة علـــى هذا الاتفاق الملائم الذي ســـمح للأولـــى بأن تربح وللأخرى بأن تحافظ على موقعها الأخلاقي العالي. وكذلك هو تقارب المصلحـــة بين السياســـات الصديقة للبيئة وصناعة الطاقة: بواســـطة الالتفاف والإشـــارات الصغيرة يمكن للخضـــر أن يحافظوا على المروج العالية ويمكن للصناعة أن تزدهر. وكما فشـــل معمدانيو هيوســـتن في إنقاذنا نحن الخاطئين من الشـــراب الخبيث، كذلك يفشل الخضر في «إنقاذ الكوكب».

لم يرق مبدأ غايا أو عالم الطبيعة لســـكان المدن إطلاقا إلا كمجال للتســـلية. لقد فقدنا الاتصال مع الأرض عندما لم يعد طعامنا وقوتنا يعتمـــدان بشـــكل فـــوري وواضح على الطقـــس. فأســـماكنا ولحومنا وفواكهنا وخضراواتنا تأتي الآن من الســـوق المركزية، ولا شـــيء يعيق حصاد الوولمارت (*) ســـوى فيضـــان نادر أو عاصفة ثلجية شـــديدة. وعندما يكون الطقس باردا أو حارا يحافظ مقياس الحرارة على بيئتنا الداخليـــة مريحة. ويمكن للريح العاصفـــة والمطر المنهمر على نوافذنا

(*) Walmart: سلسلة متاجر وأسواق أمريكية شهيرة.

المقاومة للعاصفة أن يزيد من شعورنا بالراحة، وليس كما كان فيما مضى يجلب لنا الخوف من ضياع المحصول مع انجراف الحبوب إلى الحقول الموحلة.

وببطء شديد بدأ البعض يفهم أن ازدهار غايا أكثر أهمية من رخاء البشر. إن علم غايا يؤكد التهديد للأرض ولكنه يتيح لنا أن نستمر بالطبيعية القديمة حيث الأرض معطاءة عادة لكنها كالإلهات القدامى قاسية أحيانا، والبشر فقط هم العاطفيون. ولنكون أصدقاء حقيقيين للبيئة علينا أن نخلص أنفسنا من الوهم بأننا منفصلون عن غايا بطريقة ما. إننا جزء منها كأي شيء حي، وعلينا أن نشعر بأننا مقيدون بها، كما في زواج جيد ممتلئ بالحب، حتى يفرق بيننا الموت.



9

نحو العالم الآخر

«لا شـيء في الكون يمكن أن يكون مثاليا، وعلى البشر أن يمضوا مشوارا طويلا ليصلوا إلـى المثاليـة، بحيث يكون المستقبل واعدا بالفعل.»

المؤلف

لو كان الكاتب الأمريكي هوراس غريلي حيـا اليوم لحض الطموحين والنشـيطين على أن «اذهبوا إلى الشمال، أيها الشباب». إن سكان الأمريكيتين جميعهم، بمن فيهم الهنود والإسكيمو (لكن ليس العبيد الذين جلبوا إلى هناك رغمـا عنهم)، ينحدرون من أولئك الذي امتلكوا الشجاعة والعزيمة ليخاطروا بالرحلة الطويلة والخطيرة إلى ما كان في ذلك الوقت العالم الجديد.

وقريبا سـيهاجر الناس مـرة أخرى، لكنهـم هـذه المـرة لأن راحتهـم، وحتى حياتهم، مهـددة بتغير مناخي مميت. إننا صنـف من الجوالـين، ومنذ نشـوئنا في أفريقيا منذ نحـو مليون عام أو ما يقاربه انتشرنا في الأرض حتى وصلنا إلى القمر.

وإضافة إلى ولعنا الطبيعي بالتجوال، فقد أجبرنا على ذلك بسبب سبع حوادث تغير مناخي عنيفة مع مرور الأرض خلال العصور الجليدية وما بين الجليدية خلال المليون عام السابقة. وخلال آخر عصر منها، منذ نحو 12 ألف سنة فقط، ارتفع منسوب البحر 100 متر وكان كافيا ليغمر مساحة من الأرض بمساحة أفريقيا، وارتفع متوسط درجة حرارة الأرض نحو 9° ف. اقترح وليام روديمان في كتبه ونشراته أن استخدام النار من قبل البشر الأوائل لإزالة الغابات ربما أثر في المناخ في الماضي السحيق. إن أفكاره مقبولة ولا أملك غير أن أتساءل فيما إذا كان الصيد المدفوع بالنار في أستراليا وشمال أمريكا وربما شرق آسيا أيضا ساعد في إطلاق القفزة من البرد الجليدي إلى دفء ما بين الجليديتين. ربما كان المتوحشون النبلاء مذنبين بالنسبة إلى تغير المناخ كما هي حال سكان الحضر اليوم.

وبالنسبة إلى مجتمعات من الصيادين تعيش على شاطئ جنوب شرق آسيا منذ 14 ألف سنة، لا بد أن الارتفاع الذي لا يمكن إيقافه لمستوى سطح البحر كان قاسيا مما هدد كل مستوطنة جديدة بالإخلاء خلال سنوات. ولا بد أن السكان الأكثر حكمة انتقلوا إلى أماكن أعلى، وكان بعضهم أجدادنا. سيحصل تغير في الحجم نفسه في بيئتنا قريبا، وسيكون قاسيا كالسابق، وسيقود في النهاية، خلال مئات عدة من السنين، إلى مناخ حار مستقر جديد. وكما ذكرت سابقا فإنني أؤسس هذا التنبؤ على السجل التاريخي للأرض وعلى نماذج كتلك الموضحة في الشكل «2-3»، وعندما يحدث ذلك سيكون مستوى سطح البحر قد ارتفع 20 أو حتى 30 مترا، إذا ذاب معظم جليد غرب القطب الشمالي وغرينلاند أيضا وانحل في المحيط، وسيكون كل مكان تقريبا أحر بـ 5 و6 درجات من الآن. وستكون هذه التغيرات مخربة بقدر ما كان التغير فيما بين الجليديتين وستؤثر في عالم حار وجاف مسبقا. وعندما يحدث ذلك فستكون الهجرة الجماعية محتمة.

يشعرنا الإدراك بأننا وسطاء التغير الكوكبي بالذنب ويعطي البيئة أهمية دينية. وحتى الآن لم تكن البيئة أكثر من نظام عقائدي وسع فكرة التلوث وتحطيم النظام البيئي من المقياس المحلي إلى المقياس العالمي. وربما ستتطور إلى معتقد ديني لكنها مازالت وليدة ولم تحدد مبادئها بعد. وربما يسأل شخص

بيئي بميول دينية: «هل كان اكتشاف النار واستخدامها خطيئتنا الأولى؟» هل نحن مذنبون لاستمرارنا في تلويث الكوكب؟ وبالنسبة إلى معظمنا أصبح من غير الملائم إطلاق صيحة الندم «إنه ذنبي!» (Mea culpa!)(*) بصوت أخضر عميق غير ملائمة. إننا نعلم بأننا اقترفنا أخطاء رهيبة، لكننا أبعدنا الفكرة القديمة بأننا ولدنا أشرارا، ونعترف الآن بأن نزوات طبائعنا المتقلبة تضخمت بالتقانة، بحيث إننا مثل مخمور يقود دبابة حطمنا بالمصادفة عالمنا. إن الشعور بالذنب غير ملائم، فنحن نحاول التعويض واستعادة عالمنا الضائع وليس العقاب.

حتى لو كان لدينا وقت، وليس لدينا ذلك، لنغير جيناتنا بحيث نتصرف بحب ونعيش باعتدال على الأرض فلن ينجح ذلك. إننا على ما نحن عليه لأن الانتقاء الطبيعي جعل منا أقوى صياد عرفته الأرض. وحتى الثدييات الصغيرة حلت محل الديناصورات. ومن العبث أن تتوقع أن نغير أنفسنا كما أنه من العبث أن نتوقع أن تصبح التماسيح أو أسماك القرش نباتية. لا يمكننا تغيير طبيعتنا، وكما سنرى فإن القبلية والقومية التي ربينا عليها والتي نتظاهر بتسفيهها هي المضخم الذي يجعلنا أقوياء. وكل ما نستطيع فعله هو أن نحاول تخفيف قوتنا بالأخلاق.

وقبل أن نكتشف التقانة ونبدأ باستخدامها، كنا طرائد عدة كائنات حية أخرى مما حافظ على أعداد محددة منا وبالتالي على استقرار غايا عن طريق الحد من التكاثر المفرط لأي صنف. ولكن عندما بدأ أجدادنا يستخدمون النار للطبخ، حرموا مجموعة من الصيادين الأصغر (من الفيروسات وحتى الديدان) من صيدها الطبيعي. واكتشفنا قريبا أن النار التي ظلت مشتعلة طوال الليل أرهبت الأسود والنمور، وبدأنا في النهاية نحرق الغابات للصيد السهل أو لنزيحها للزراعة. أشارت هذه الأحداث التي جرت منذ مئات الآلاف من السنين إلى الفترة التي حطمنا فيها قواعد غايا ونما عددنا أكبر من أن نتحكم فيه. وما زلنا نحطمها منذ ذلك الوقت.

عندما أصبنا بالكائنات المرضة المميتة لأول مرة، نمت في أجسامنا من دون أن ندري. وندعو هذا بمرحلة الحضانة، والتي يمكن أن تمتد لعدة أسابيع. ثم في مرحلة ما من مراحل نموها أو من تفاعل جسمنا معها،

(*) عبارة لاتينية يعود أصلها إلى صلوات الاعتراف في الكنيسة الكاثوليكية في القرن السادس عشر [المحررة].

نشـــعر بالمرض مع الحمى والألم. وسريعا خلال ساعات مع أقوى جراثيم الإنفلونزا يبدأ الاســـتقرار الداخلي بالفشل ثم ننهار ونموت. وهذا عندما يتكلم الأطباء عن فشـــل عضوي كبير. وخلال مسار المرض المميت بكامله لا يوجد توقف بل انحدار يبدأ بشكل غير ملموس ثم يتسارع حتى نهوي.

أصبحنـــا نشـــكل المرض للأرض منـــذ زمن طويل غيـــر محدد عندما اســـتخدمنا النـــار والأدوات عن قصـــد لأول مرة. ولكن فتـــرة الحضانة الطويلـــة لم تنتـــه إلا منذ نحو مائتي عام عندما بـــدأت الثورة الصناعية، حيث أصبحت عدوى الأرض غير معكوسة. ومن المفارقة أن هذا هو الوقت الذي حذر فيه مالتوس من الخطر، وعندما لمح جيمس هاتون وايراسموس داروين لأول مرة طبيعة الأرض الحية.

إن المـــرض الذي يؤثر في الأرض ليس التغيـــر المناخي فقط - المتمثل في الجفـــاف والحرارة وارتفاع ســـطح البحر المســـتمر، إضافة إلى هذه الظواهـــر هناك الكيمياء المتغيرة للهواء والمحيطات، والطريقة التي تصبح فيها البحار حامضية. ثم هناك نقص الغذاء لجميع المستهلكين من مملكة الحيوان. وبالأهمية نفســـها هناك الضياع فـــي التنوع الحيوي المهم الذي يســـهل عمل النظام البيئي. تؤثر هذه كلها في عمل نظام تشـــغيل الأرض وهـــي تنجم عن وجود عدد كبير مـــن الناس. ويعاني الأفراد أحيانا مرضا يدعى بوليســـيثيميا وهـــو زيادة في عدد خلايا الدم الحمـــراء. وبالمقارنة يمكـــن أن يدعى مرض غايـــا بوليانثروبونيميا، حين يتكاثر البشـــر بكثرة بحيث يسببون ضررا أكبر من النفع.

قد لا يكون هناك شـــيء نســـتطيع فعله لإيقاف التغيرات السيئة التي تجري الآن، فلا نستطيع تخفيض عددنا بالسرعة الكافية، وهناك فرصة ضئيلـــة فقط، باســـتخدام العلاجات في الفصل الخامـــس، لعكس التغير المناخي. يمكننا التحدث عـــن البصمات الكربونية، وعن الطاقة المتجددة، وعـــن التنمية المســـتدامة، ويمكننا أن نحـــاول توفير الطاقـــة، وأن نعقد مؤتمرات ضخمة حول العالم، ولكن هل هذه المؤتمرات مهما كانت نواياها طيبة شـــيء آخر سوى استعراض لحيوانات قبلية تحمل رموزا ضد تهديد قوة قاهرة لا تفهمها؟

وعلى الرغم من هذا التشاؤم فنحن محظوظون لنعيش فوق كوكب يحافظ على نفسه قابلا للسكن: فالحالة الحارة التي يمكن لغايا أن تتراجع إليها غير مريحة لكنها ليست مميتة. إننا مثل متدرب على الشعوذة غير قادرين على إلغاء التعويذة الصناعية التي نطلقها، ولكن مع تعرضنا لضغوط الانتقاء القوية التي ستأتي قريبا قد ننضج كأصناف ونصبح قادرين. إن تاريخنا خلال معاناتنا المتكررة للحقبات الجليدية ومعاناة الأرض كذلك يوضح أن الحياة كانت قاسية. إن تأثير الصدمة لصخور بقطر 10 كم تتحرك بسرعة تعادل 20 مثلا من سرعة الصوت مدمر بما يكفي، لكن الأسوأ من ذلك كانت الانفجارات البركانية التي غطت جزءا كبيرا من قارة باللافا المنصهرة. وربما قاد واحد من هذه إلى الهلاك الكبير الذي قضى على معظم الحياة خلال الحقبة البيرمية للتاريخ الجيولوجي. وإذا لم تكن هذه الأخطار المادية كافية فقد كانت هناك كوارث أخرى أبكر تعزى إلى النمو الزائد غير المتوقع وغير المحبذ للأحياء البسيطة. لقد وصفت في الفصل الثالث كيف نتج الأكسجين كغاز مسيطر من النجاح التطوري للمخلقات الضوئية الأولى، كالبكتيريا السيانوية، وعلى الرغم من فائدته الحقيقية في النهاية، فإن الأكسجين كان في ذلك الوقت سبب التجلد الشديد بإزاحته لغاز الدفيئة الميثان كيميائيا من الهواء، وكان أيضا ساما لكثير من أشكال الحياة الأولى. كان الأكسجين على الأرض الأولية ملوثا، ولم يختلف إنتاجه الغزير باستخدام طاقة أشعة الشمس «الخضراء» كثيرا عن تلويثنا بثاني أكسيد الكربون من حرق الوقود الأحفوري. وفي الحقيقة كان الأكسجين الناتج عن التخليق الضوئي هو الذي جعل الاحتراق ممكنا.

كانت هناك مسبقا بالتأكيد أحداث خطيرة أخرى لم نكتشفها حتى الآن. وبعد كل كارثة من هذه الكوارث تعافت غايا في الوقت المناسب - استغرق ذلك في بعض الأحيان ملايين السنين. وخلال هذه المراحل من التعافي كان هناك دوما في مكان ما على الأرض ملجأ للكائنات الحية. مكان مازالت الكيمياء والمناخ فيه يؤيدان الحياة. وهذا ما سيكون بالتأكيد عندما تحل البوليانثروبونيميا. وسيجد الباقون على قيد الحياة من الأزمة الحالية موطنهم الجديد في واحات وأماكن لا تزال باردة ورطبة بما يكفي لوجود

الحياة. وقد تستغرق غايا مئات الآلاف من السنين قبل أن تصبح مرة أخرى الكوكب السخي الذي عرفناه فيما مضى.

إذن كيف ولماذا يحدث الأمر بهذه الطريقة؟ يبدو الكون - أو على الأقل الكون الذي نعيش فيه - وهو يدار بمجموعة غير مرنة من القوانين، وقد حاولنا كحيوانات فضولية معرفتها واستخدامها لتفسير أنفسنا والحياة والعالم والأشياء التي نقوم بها أو نصنعها جميعها. إننا نشبه شخصا يبدأ بملء المربعات الفارغة للعبة الكلمات المتقاطعة: حيث نسعد بالعثور على الجواب للغز بسيط، ثم نتوقف لنجده غير متناسق مع كلمة أخرى تقاطعه. ويبدو أن العلماء الفخورين يعتقدون أنهم سيحلون اللغز قريبا وسيعرفون القوانين التي تدير الكون بنظرية كل شيء. إن القانون الأقل مرونة من القوانين التي اكتشفت حتى الآن كلها هو ما يدعوه العلماء بالقانون الثاني في الثرموديناميك. وفي الحقيقة فإنني أجد من الغريب ألا يكون هذا القانون هو الأول من قوانينهم. وببساطة لا يسمح القانون الثاني لأي شخص أو لأي شيء بأن يصبح أصغر أو ، كما يقولون، بأن يسمح للماء أن يتدفق للأعلى من تلقاء نفسه.

ربما توجب أن تدعى الجينات الأنانية التي وصفها ريتشارد داوكنز و وليام هاميلتون والمشتركة في الأحياء الحية جميعها إرادية لأنها تحاول دوما أن تكسر هذه القاعدة. فهي تود على الأخص أن تعيش للأبد، وليست لديها شفقة على الحياة التي تحملها، وإنما لديها فقط حافز أكيد على التكاثر. لقد دعا منتقدو الداروينيين الجدد هؤلاء بالقيميين لتصنيفهم وحدة أساسية كالجين على أنها أنانية. أعتقد أن هؤلاء النقاد مخطئون. وعلى الرغم من الاستعارة، توحي الكلمة «أنانية» بالرغبة في التكاثر التي تصبغ أشكال الحياة جميعها. ليست هناك ضرورة أخلاقية تحكم على جين بالسوء لأمره خلية حية بإنتاج سموم فتاكة كالأفلاتوكسين لتهزم منافساتها، كما ليس هناك أي اعتراض أخلاقي لاستخدام النار أو بعد ذلك لاختراع أسلحة الدمار الشامل. إن القوانين تقول ببساطة: لو أن أي شيء ممكن من دون خرق القانون الثاني، فمن الممكن عندئذ أن يحدث، مهما كان ذلك غير محتمل. وعندما يحدث لأول مرة تزداد فرص تكرار ذلك : عدم الاختراع غير محتمل.

من غير المحتمـل أن يكون كوننا غير المرن مفروضا أو تقييدا لحريتنا مـن قبل مصمم ذكي مفترض. هذه القيود القوية تحد الإرادة الديناميكية للجينـات، وتجعل مـن الممكن أن يكون لأصناف الحيـاة جميعها، بما في ذلك كوكبنا الحي غايا وجود مستقر، استمتعت به غايا لأكثر من ربع عمر الكون. إن الفوضى الشـاملة بمعناها المادي التام وليس الحرية، هي ناتج كوكـب من دون قوانين. ويعتقد بعـض العلماء أنه كان هناك انتقاء طبيعي بين أكوان عدة، وأن كوكبنا هو الذي نجح.

وعلى الرغم من عمرها الطويل جدا، فإن غايا ليست مستثناة من قواعد القانون الثاني حيث تقدمت الآن في السـن وقريبا سـتموت في زمن كوني. قبل اختـراع المضادات الحيوية والطب الحديث دعيـت نزلة البرد «صديقة الرجل العجوز». فقد كانت تقتل المسـنين بسـرعة ومـن دون ألم كبير. كان الخطر الرئيس للمسـنين هو الاضطراب، سـواء كان عـدوى كالإنفلونزا، أو حادثـا مثل عجز مكسـور، حيث تتغلب العواقب الفسـيولوجية على الدفاع. وينطبق الشـيء نفسـه على النباتات المسنة - الحوادث المميتة مثل اصطدام أجسـام كبيرة تتحرك بسرعة من الفضاء أو الانفجارات البركانية الضخمة. ومثال علـى ذلك اصطدام صخرة بحجم جبل بالأرض منذ 65 مليون سـنة والـذي ارتبط غالبا بهلاك الديناصورات. يمكن لغايا أن تتجاوز كوارث كهذه عندما تكون فتية، ولكنها لو تكررت بعد بضع مئات ملايين السـنين من الآن فقد تكون خطيرة.

إن السـبب المباشـر لشـيخوخة غايا هو الزيادة المحتمة في الحرارة من الشمس. إن نجمنا كما هي حال النجوم الأخرى جميعها يشتعل بحرارة أعلى مع تقدمه في العمر، وبعد 500 مليون عام فإن الحرارة المشـعة من الشمس سـتكون أكبر بنحو 6 فـي المائة من الآن. وسـتكون الحرارة المسـتقبلة من الشـمس قد ازدادت من 1.35 إلى 1.43 كيلوواط لكل متر مربع، وهي زيادة بمقدار 81 واط لكل متر مربع، ليسـت أكثر من الطاقة لإنارة مصباح صغير وحيـد ينير بالكاد غرفة. قد تعتقد أن هـذا ليس كثيرا، لكن قارنه بالحرارة الزائـدة التي تأتي الآن من غازات الدفيئة كلها التي أضفناها إلى الهواء فإن هذا يضيف 1.5 واط من الحرارة لكل متر مربع، وهو مجرد سـدس الحمل

الحراري الذي تواجهه غايا بعد نحو 500 مليون سـنة. وستستمر الشمس نفسها أن تصبح أكثر إشعاعا لـ 5 مليارات سنة أخرى قبل أن تنطفئ في لهب من الطاقة المشـعة، تاركة قطعة كثيفة من الرمـاد بحجم كوكب، وهي عبارة عن نجم قزم أبيض. وخلال المليار سنة القادمة سترتفع الحرارة المشعة ببطء مما يعطي وقتا كافيا للتأقلم ولمزيد من التطور. ولدينا مسـبقا عملية تخليق ضوئي بسبب تطور أنواع جديدة من النباتات يدعوها علماء الكيمياء الحيوية بـ C4 قادرة على أن تعيش على مسـتوى أقل من ثاني أكسـيد الكربون. وفي العام 1982 حسـبت مع مايكل ويتفيلد أن هذه الخطوة من التطور قد تمكن الغلاف الحيوي الحالي أن يستمر لـ 100 مليون سنة أخرى. وأبعد من ذلك، سـتمد التغيرات الجينية فترة الحياة بالتأكيد، لكن بأخذ القيود الأساسـية لعلـم الأحياء الرئيس وحتمية الاضطرابـات، فمن الصعب رؤية الحياة تمتد إلى أبعد من 500 مليون سنة من الآن. ربما أكون متشائما جدا، وقبل أن يمر هذا الوقت بزمن طويل قد يتطور ذكاء خارق ضمن غايا يسـتطيع أن يبقيها على قيد الحياة إلى ما بعد ذلك الوقت.

هناك كائنات حية تدعى اكستريموفايل محبة للشروط القاسية تزدهر على بيئة معادية تماما مثل الماء المغلي، والحموضة القوية، أو محلول الملح المشـبع للبحيرات المالحة. ويبـدو أن المتفائلين من علماء الأحياء يعتقدون أن من الممكن تأسيس نظام أرضي ذاتي التحكم على هذه الكائنات عندما تصبح الأرض حارة. أعتقد أنهم مخطئون لأن هذه الكائنات تطورت لتملأ مكانـا خاصا بها لكنها تعتمد كلية على غايـا للحفاظ على البيئة وتزويد احتياجاتها. إن توقع قيامها بإدارة الكوكب يشـبه إلى حد ما توقع أن يدير مالكـو الكازينوهات الاقتصاد حين تختفي الصناعـات الأخرى جميعها. وبالطريقة نفسـها لا يمكن لغايا أبدا أن تؤسـس على حياة نادرة. وما لم يكـن ناتج المواد الكيميائية من الكائنـات الحية بحجم كوكب ميت أو أكبر منه لا يمكن لخصائص التحكم الذاتي لغايا أن تتم.

لو فكرنا في غايا كسـيدة مسـنة لا تزال قوية ولكنها ليست بأي حال بقوة كوكب شـاب حمل أجدادنا من الكائنات الدقيقة، فإن ذلك سيجعلنا ندرك بجدية أكبر الخطر الذي نمثله لوجودها الصحي المستمر. لقد حدد

عالم الأحياء العظيم ويلسون سوء حالنا الطبيعي. لقد كتب تلميحا عن الكائن المعروف الشبيه بالإله، الأجنبي فائق الذكاء القادم من مجرة أخرى، الذي كان عالم أحياء مثل ولسون نفسه. كان هذا الغريب يراقب الحياة على الأرض من أحد أقمار كوكب المشتري. وفي أثناء استعداده للمغادرة في رحلته الطويلة إلى موطنه قال لزميل له: «يا لسوء الطالع أن يكون الحيوان الاجتماعي الذكي الأول على الأرض آكل لحوم قبلي».

لا شيء قرأته في حياتي الطويلة يفسر بشكل أفضل حالتنا المؤلمة، لدينا الذكاء لنبدأ بتوسيع عقولنا لنفهم الحياة والكون وأنفسنا، ويمكننا أن نتواصل ونتبادل أفكارنا العميقة ونحافظ عليها خارج عقولنا كسجل دائم. لدينا هذا كله ولكننا غير قادرين على العيش بعضنا مع بعض أو مع كوكبنا الحي. إن دافعنا الموروث لأن نكون مثمرين ولنتكاثر ولنتأكد من أن قبيلتنا تحكم الأرض يفشل أفضل نوايانا الطيبة.

ليس الذكاء هبة من إله أو من الآلهة، فقد تطور وفق قوانين داروين في الانتقاء كسلاح أخير يسمح لنا بأن نحكم العالم ونؤمن لنا مكانا آمنا نربي فيه أطفالنا. إن الأرض ممتلئة بالمفترسين، الضخم منها مثل الدببة القطبية والتماسيح، والصغيرة منها مثل الحشرات والمفصليات، والأصغر بكثير مثل الأحياء الدقيقة. وللبقاء أحياء من المفترسين الكبار كان يمكن أن نطور قدرتنا على الركض بسرعة كالغزال، أو أن يكون لدينا جلد غير قابل للأكل مثل السلحفاة أو القنفذ، أو كان في إمكاننا أن نقاتل مثل ثور. وبدلا من ذلك استثمرنا كل شيء في العقول، وكأعضاء في القبيلة، تطورنا لنصبح أذكياء بما يكفي لنتفوق عليها كلها.

إن الذكاء الفردي وحده غير كاف، وتأتي إنجازاتنا المدهشة من القدرة الإضافية لعقولنا على التواصل والإقناع، بحيث إن أفكار واحد أو عدد قليل منا يمكن أن تقنع الكثيرين ليفقدوا هويتهم ويعملوا معا كما لو كانوا فردا واحدا. ويمكن لهذا التضخيم القوي للنوايا المعبر عنها لزعيم قبيلة أن تتغلب دوما على عدو غير متجانس أو على العالم الطبيعي. ونتشارك في هذه الإرادة المتزامنة مع الحشرات الاجتماعية والنمل الأبيض وكذلك مع قطعان الطيور والأسماك، وتجعلنا أقوى بكثير من إمكانات ذكاء فردي منعزل، حتى لو كان

أقوى منا بكثير. وقد يكون هذا هو السبب في أن بعض أصناف الحيتان بعقول وعدد من الأعصاب أكبر بكثير منا لم تصل أبدا إلى سطوة الإنسان.

يشبه هذا التضخيم الكبير للفكر وتحويله إلى فعل آلية عمل الليزر. وفي هـذه الحالة ترفع الذرات أو الجزيئات التي تقفـز بلا هدف عادة إلى حالة أعلى ووحيدة تستطيع منها - بإعطائها الإشـارة المناسبة - أن تفرغ طاقتها المتراكمة في شـعاع موجه. فكر كيف يمكن لجماعة مؤلفة من أناس مسالمين عادة أن يعملوا بشكل متجانس كما لو كانوا حيوانا واحدا عندما يحمسون من خطيب مفـوه. إن معظم إنجازاتنا تقريبا تأتي من أفعال وحيدة من العبقرية أو القيادة ضخمت بشـكل متجانس من قبـل كثيرين. وينطبق هذا ليس على الأفعال العظيمة أو السيئة فقط، لكن على الأشياء العادية العديدة التي تبقي مجتمعنا يعمل: خدمات الماء والكهرباء، وأنظمة الطرقات.

إننـا نعجب - بعمق - بقوة أسـلحتنا، ومع ذلك فهـي واهية بالمقارنة بأقوى الأسـلحة كلهـا: الذكاء الخلاق. فكر فـي الإمبراطوريات العظمى والقويـة التي انهارت عن طريق الأفكار فقـط. فالحضارات تحطم ذاتها بعقائد تعطل، مثل فيروسـات الحاسـوب، أنظمة عملها. لقد رأى المؤرخ غيبون في المسـيحية فيروسـا عطل الإمبراطورية الرومانية العظمى. ألا يمكن أن تكون الماركسـية قـد أضعفت دولا عظمى في القرن العشـرين وسـببت موت عشـرات الملايين؟ لدينا الآن العقيـدة الحضرية الصديقة للبيئة، وربما كانت الأقوى من بين هذه العقائد كلها.

لا بد أن عالم الطبيعة الأجنبي الذي ذكره ويلسون قد عرف أننا سنكون أذكياء بما يكفي لنؤلف موسـيقى تناسب الجنان، وفنا يلائمها، وأن نخلق شـعرا، وروايات درامية لا تبلى مع مر الزمـن، وأن نتمكن من رؤية حدود الكون، ونبدأ بفك رسـالة الدنا. ولكن هل علم أن أعظم اكتشافاتنا يمكن لها أن تفـكك الحضارة التي جعلتها ممكنة؟ فكر فـي الاحتراق الداخلي وكيف أنه بأشـكاله المختلفة أوصلنا إلى حالتنا الحالية. أتسـاءل فيما إذا استطاع أن يدرك أننا قد نتطور إلى حيوانات اجتماعية حقا، نبني ونعيش في أعشاش مدينتنا وأن نقطع ببطء علاقتنا بغايا، وفي النهاية الخطر من أن نصبح المفترسين الأجانب الحقيقيين على ما كان كوكب ولادتنا.

لدينـــا كلنا نهم لأيديولوجيـــا أو دين ما، مهما بـــدا ذلك غير عقلاني بالنســـبة إلى العلماء، ليزودنا بإحســـاس بالهدف والدهشـــة عندما تكون الأشـــياء جيـــدة، والطمأنينة عندما تكون ســـيئة. تقـــدم أنظمة الاعتقاد برنامجا يخفف مـــن ضرورة التفكير في أوقات كالخطر الداهم من الموت عندما يتجمد التفكير. ليس من المستغرب إذن أن أخطار الاحترار العالمي التي دخلت وعي الجمهور تظهر علامات التحول إلى إيمان كامل مع عقيدة (dogma) وأيقونات وأجوبة بسيطة لمشاكل البيئة جميعها.

إنني أدرك أنني بإدخال الدين فإنني أسير في حقل مملوء بالألغام، ولكن علـــي أن أفعل ذلك لأن الطريقة التي نفكر بها في الأرض تتأثر بقوة بالتربية في فترة الطفولـــة ويؤثر هذا في الطريقة التي نجري فيها العلم. الأوروبيون أكثر علمانية من الأمريكيين لكنهم مازالوا يتأثرون بقوة بفرع الكنيســـة الذي أثر في أفكارهم عندما كانوا أطفالا. ونتشـــارك في نزعة إنســـانية مشتركة لكننا نختلف كثيرا حـــول توجهاتنا نحو بقية أنواع الحياة ونحو الأرض. إنني أتكلم بشكل محدد عن التأثيرات المختلفة للتفكير الكاثوليكي والبروتستانتي.

عندمـــا كنت طفلا كان تعليمي الديني من جمعية «الأصدقاء»، وعندما كنـــت طالبا أصبحت «صديقـــا» وبقيت كذلك حتى العـــام 1947، عندما تملكنـــي المذهب العلمـــي إلى الأبـــد. وبوصفي طالبا كنـــت أيضا عضوا في جمعية الكنيســـة الكاثوليكية في الجامعة، واســـتفدت كثيرا من دفء صداقتهم وقوة مناقشـــاتهم حول اللاهوت الأخلاقي. ولا أعتقد أنني كنت في ذلك الوقت أو الآن متعصبا.

مـــا يجعلني أثيـــر موضوع الدين هو الأزمة التـــي تهدد الأرض، وقرب انتهاء عصر ما بين الجليديتين الأحدث لغايا، والذي اســـتمر أربعة عشـــر ألف ســـنة فقط. ترجع هذه الأزمة إلى أننا وضعنا حقوق الإنســـان تجاه الأرض وبقيـــة أنواع الحياة التي نشـــاركها فيها قبل التزاماته. وللفلســـفة البروتســـتانتية وجهها السيئ، لكنها تفتدي نفسها بتقديمها بيئة في العلم للفلســـفة الطبيعية وللفلسفة الشمولية، بينما تكمن فوائد الكاثوليكية في النزعة الإنسانية والاختزال الديكارتي. وكلا الفلسفتين لازمة للعلم، لكننا بوصفنا أفرادا قابلين للتأثر لا نســـتطيع إلا أن نتأثر بسنوات التشكل في سن الطفولة، ولذا نميل إلى تفضيل إحداها على الأخرى.

وربمـــا يأتي المثال الأوضح والأكثر ســـوءا عــن الأذى الناجم عن هذا الفصل من عالم الأحياء الفرنسي المتميز جاك مونود، الذي كتب في كتابه «**الفرصة والضرورة**»:

> تتحـــدى بعض المدارس الفكرية (معظمها متأثر - كثيرا أو قليلا - بهيغل) قيمـــة الطريقة التحليلية لأنظمة بتعقيد الكائنـــات الحيـــة. ووفق هذه المـــدارس الشـــمولية والتي تولـــد، كأبي الهول (الفينيكس)، فـــي كل جيل، فإن الاتجاه التحليلـــي (الاختزالي) مكتوب عليه الفشـــل في محاولاته اختـــزال خصائص كل تنظيم معقد إلى «مجموع» خصائص أجزائه. إنه خصام غبي جدا وخاطئ ويدل فقط على عجز الشـــموليين الكامل عن فهم الطريقة العلمية ودور التحليل الضـــروري فيها. إلى أي مدى يمكـــن لمهندس من المريخ أن يصـــل إذا رفـــض، عند محاولته فهم حاســـوب أرضي، من حيث المبدأ أن يفصل العناصر الإلكترونية الأساســـية للآلة التي تنفذ عمل الجبر المنطقي؟

ربمـــا كانت هذه الكلمات القويـــة أقل انطباقـــا الآن، لكنها تخدم في التعبيـــر عما كان ومازال مجتمعـــا علميا مهما. لقد احتاج الأمر إلى نظرة ديكارتية عالمية قوية ليأتي بمقاربة أولية خاطئة كهذه إلى الحاسوب. وكما يمكن لمهندس أن يشرح، فإن التجزيء - التحليل إلى أجزاء - هو الطريقة النهائية للتعرف على نظام عامل. أولا تســـتنطقه من خلال لوحة مفاتيحه أو بـــأي طريقة غيـــر اقتحامه. وإذا كان هذا لا يقنعـــك بمحدودية الفكر الاختزالي، تصور لو كان المهندس من المريخ حاسوبا ذكيا وكان على وشك تجزيء عقلك ليعرف كيف تفعل الجبر.

ربما كان الخطأ الأعظم عند بعض أتباع الديانات التوحيدية - بما في ذلك الإســـلام - هو الاعتقاد أن البشر مخلوقون على صورة الله. ويوحي هذا بأننا لا نســـتطيع التطور مـــن خلال الانتقاء الطبيعـــي. إن الاعتقاد أننـــا النمـــوذج المثالي للحياة العاقلـــة هراء كالتصور بـــأن كائنات التمثيل اليخضـــوري الأولية التي ظهرت قبل 3.5 مليار ســـنة كانت مثالية أيضا.

فعن طريق تطورها وتحولها جعلت كل شيء حدث بعد ذلك ممكنا. ولو بقيت كما كانت لما كانت هناك أشجار أو أزهار أو حيوانات ولما وجدنا نحن. لا شيء في الكون يمكن أن يكون مثاليا، وعلى البشر أن يمضوا مشوارا طويلا ليصلوا إلى المثالية، بحيث يكون المستقبل واعدا بالفعل.

علمنا الراهب الكاثوليكي مندل علم الجينات، والعالم الإنجيلي تشارلز داروين الانتقاء الطبيعي، وربما نرى فكرتيهما تعملان بسرعة مع انتهاء هذا القرن وانتقال الأرض إلى حالتها التالية. دعنا نأمل أن يختار الانتقاء من بيننا أولئك الأقدر على العيش مع غايا، وأيضا مع بعضنا بعضا. هل نحن الآن أذكياء بما يكفي لنكون حيوانا اجتماعيا قادرا على العيش باستقرار مع غايا ومع أنفسنا الآن وعلى الأرض المتغيرة التي ستأتي سريعا؟ كما أرى، فإن أملنا هو في احتمال أن نتطور إلى أصناف يمكنها أن تنظم نفسها، وأن تكون جزءا مفيدا من غايا. إنني أتساءل فيما إذا كانت هناك في مجموعة الجينات العظيمة للبشرية جميعها جينات يمكن انتقاؤها لتلبية هذا الهدف.

لكننا الآن من صنع جيناتنا، ولا نختلف كثيرا عن أجدادنا القبليين الذين تجولوا عبر القارات، محطمين غالبا بشكل كبير الحياة البرية والغابات في أثناء تجوالهم. إن الشيء الأهم الذي يجب علينا قبوله هو أنه لا عودة إلى الوراء. ولو اختفى اليوم كل شخص في كل مكان بصمت وهدوء فسيستغرق الأمر مائة ألف سنة أخرى قبل أن تعود الأرض إلى ما يشبه العالم الذي كان موجودا قبل أن نكتشف استخدام النار. علينا أن نفهم جيدا أننا مازلنا حيوانات قبلية عدوانية تتقاتل من أجل الأرض والغذاء. وتحت الضغط يمكن لأي مجموعة منا أن تكون بقساوة أولئك الذين نستهجنهم، فالقتل الجماعي من قبل الجماعات الغوغائية القبلية طبيعي مثل التنفس، مهما كان أفراد هذه الجماعات طيبين ولطفاء.

لقد نظرنا إلى الأرض فترة طويلة على أنها مصدر لا ينضب، أو على الأقل على أنها مصدر غني حتى تجد لنا التكنولوجيا بديلا نافعا مماثلا. لقد بدأنا نلمح إمكان أن يكون هذا المصدر محدودا وسيفرغ قريبا، لكننا لانزال نحاول التأكد من أننا نحن على الأقل نحصل على ما نحتاج إليه من البقية المتناقصة. وفي الحقيقة، فالأرض ليست محدودة

وليست غير محدودة أيضا، لكنها بدلا من ذلك تحاول دوما أن تعوض نفسها كما فعلت الغابة التي عاش فيها أجدادنا قبل اختراع النار. لقد زودتهم الغابة بالطعام والمواد الخام، لكن كان عليهم أن يدفعوا ثمن ذلك بالعيش ضمنها ومعها. وبالنسبة إلينا الآن فإن غايا مثل الغابة. لو فكرنا وفق هذه الشروط فإن الوقود الأحفوري طاقة متجددة. إن خطأنا هو أننا نأخذ من الأرض أكثر من قدرتها على تجديده.

ربما كان بين البشر الأذكياء الأوائل الذين طوروا حياتهم باستخدام النار أولئك الذين أدركوا أن الغابات محدودة وصرحوا بذلك. أشك في أن الاستجابة كانت «هراء، إنها ستدوم أكثر من عشرة آلاف سنة»، وبالفعل فقد تم ذلك. وبالطريقة ذاتها، كم عدد أولئك المهتمين بما قد يحدث خلال مائة عام؟

إننا حيوانات قوية وقادرة على التأقلم ويمكننا بالتأكيد أن نخلق حياة جديدة على أرض أشد حرارة، لكن سيبقى هناك جزء بسيط فقط من الأراضي القابلة للسكن مقارنة بتلك المتاحة العام 1800. لو اتبعنا طريقا أخضر عميقا تماما، وعدنا إلى حياة ما قبل النار فسيبقى عدد قليل جدا على قيد الحياة، وإذا أعدنا من جديد في أي وقت في العالم الجديد جمع الوقود الكربوني واستخدامه فسنكون في خطر تدمير أنفسنا ومعظم الحياة غير الميكروبية. يمكننا استخدام التكنولوجيا ولكن ليس إلى الحد الذي نؤثر به في التنظيم الكوكبي. ستنخفض مرونة غايا للاضطراب على أرض حارة، وستشكل عودة ولادة حضارة من نوع حضارة القرن العشرين اضطرابا كبيرا.

إن الضرورة الأولى بالنسبة إلينا هي البقاء على قيد الحياة، ولكننا سنواجه قريبا السؤال المخيف عمن سنسمح له بالركوب في قوارب النجاة، ومن علينا أن نرفضه؟ ولن يكون هناك مفر من هذا السؤال لأنه سيكون هناك قبل وقت طويل صخب كبير من لاجئي المناخ الباحثين عن ملجأ آمن في تلك المناطق القليلة حيث المناخ محتمل والغذاء متوافر. لا تخطئ، فمثال قارب النجاة مناسب، فقد واجهت السفن المحطمة المشكلة نفسها: سيغرق قارب النجاة أو سيصبح من المستحيل أن يبحر إذا حمل فوق استطاعته. تنص القواعد القديمة التي نشأت عليها على أن يركب النساء والأطفال أولا، وأن يغرق القبطان مع سفينته. وسنحتاج إلى مجموعة من القواعد لواحات اللجوء من تغير المناخ هذه.

لسنا، كما يريد المتطهرون، أصنافا تعيسة غارقين في الذنوب. يمكن أن يكون لنا مستقبل كبير ومشرف كأناس قد يتطور منهم آدم وحواء في المستقبل، كأجداد لصنف من البشر أقرب إلى غايا ويخدم ضمنها كما تفعل عقولنا ضمن كل منا. وسنكون جزءا مهما فيما أصبح بالفعل كوكبا ذكيا أقدر على الحفاظ على قابليته للسكن. لقد تطورت الحشرات الاجتماعية كالنحل والنمل والدبابير لتشكل أعشاشا - مجتمعات أقوى بكثير من جماهير من الأفراد - لكنها بفعلها ذلك فقدت حريتها الفردية، وأصبحت رعايا لملكاتها. وربما بطريقة مماثلة سنخسر حريتنا في الوقت نفسه الذي تكسب فيه غايا القوة. لا يمكننا الآن معرفة احتمالات حدوث هذا، وكم سيستغرق أو كيف هي حال أن تكون أحد رعايا غايا. إن التأكد الأقرب الوحيد هو أننا لن نتطور أبدا على هذا النحو إذا سمحنا لأنفسنا من خلال عدم العمل أو الاستجابة غير المناسبة بأن نهلك بالاحترار العالمي. لقد اقترح أنه لولا الهلاك الكبير الذي حدث منذ 65 مليون سنة لربما كانت الزواحف هي الأصناف الذكية المسيطرة الآن. وبطريقة مماثلة قد يهيمن علينا حيوان صغير موجود الآن بحيث يبقى ويتطور ليملأ الفراغ الذي سنتركه.

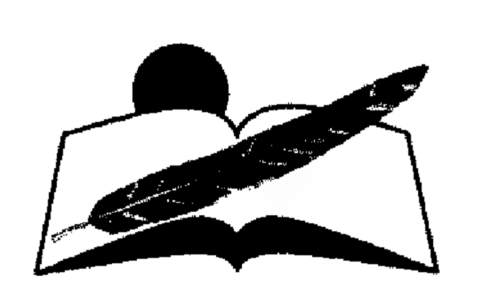
هل نحن أذكياء بما يكفي لنعرف من سنختار؟ هل ندرك أن حاجات غايا الاستقلابية (metabolic) على الأرض الحارة يمكن تلبيتها بمليون فقط من البشر، وهو عدد كاف لإعادة تدوير العناصر المكونة للحياة؟ إن مبرر بقائنا بأعداد كبيرة هو أنه بامتلاكنا الذكاء فلدينا القدرة لنتطور ونصبح جزءا نافعا من غايا كما كانت مخلقات التمثيل اليخضوري ومولدات الميثان قبل ذلك، وبالفعل، لنجعل وجود كوكب ذكي ممكنا.

أعتقد أن علينا أن نرفض فورا كل تفكير بانتقاء مخطط. يتبادر إلى الذهن فورا الناس الشجعان الذين قاموا بالرحلة الخطرة عبر أفريقيا وعبر الصحراء الكبرى ثم بنوا أو حصلوا على قوارب قوية بما يكفي لتحملهم عبر خمسين ميلا من المحيط إلى جزر الكناري. إنهم يمثلون أولئك الذين يمتلكون غريزة البقاء. إننا موجودون الآن لأن غايا قامت بالانتقاء، وربما علينا أن ندعها تستمر في ذلك.

دعنا نتطلـــع إلى الوقت الذي تصبح فيه غايــا كوكبا عاقلا تماما من خـــلال دمج أحفادنا معها. يمكننا عندها أن ننظر إلى الوراء بدهشـــة إلى التطور المعجز للكون من كتلة متجانســـة حارة جدا إلى كتلة باردة من مواد كيميائية بســـيطة اختيرت مســـبقا من الكون لتكون قطع الغيار للحياة. ثم نتســـاءل كيف تجمع هذه المواد الكيميائية نفســـها من خلال سلســـلة من الخطوات غير المحتملة إلى دارات انتقالية واهية مثل بيت من ورق اللعب، وكيـــف أدى انتقـــاء هذه الأنظمة البســـيطة وارتباطها إلـــى ظهور الخلية الحية الأولى. يمكننا أن نتســـاءل لماذا مـــر كل هذا الوقت الطويل، نحو 3 مليارات ســـنة، قبل أن تبدأ الخلايا بمنح نفســـها القوة كمجموعات كانت أســـلاف الحيوانات والنباتات. وكذكاء كوكبي أرينا غايا مسبقا وجهها من الفضـــاء، وتركناها ترى كـــم هي جميلة حقا بالمقارنة مـــع أختيها الميتتين المريخ والزهرة. ويمكن أن يكون لدينا مستقبل بالاشتراك مع كوكبنا الحي لنجعله قويا مرة أخرى وقادرا على مقاومة التأثيرات المدمرة التي ستأتي.

بالتفكير بهذه الطريقة، كيف يمكن لأي كان أن يكون متشائما ويتصور أن أزمـــة الاحترار العالمي هـــي نهايتنا أو حتى نهاية غايا؟ من المحتمل أننا ســـنتمكن كلانا مـــن البقاء أحياء ويمكن أن تتطور مـــن أحفادنا الأصناف الأكثر حكمة التـــي يمكنها أن تعيش أقرب من ذلك في غايا وربما تجعلها المواطنة الأولى في مجرتنا.

وفـــي وقت لاحق من هـــذا القرن قد يصل الناجون إلـــى ميناء صغير ويترجلـــون عن جمالهم. وقد يرون هناك ســـفينة خشـــبية صغيرة يرتطم جانبهـــا في أثناء حركتها مع موج المحيط الخفيف بجدار الميناء الخشـــن. ويعد نســـيم بارد مستمر ببداية جيدة للجزء الخطر التالي من الرحلة إلى الشمال. لا يقول القبطان شيئا بينما يصعد الناجون إلى باخرته، لكنه يعلم أن المشقة غير المحتملة تقريبا للرحيل عبر الصحراء قد انتقت القوي في الجسم والعقل، بحيث تدفع قوته ثمن الرحلة.



قراءات مقترحة

الفصل الأول

Gray, John. *Straw Dogs* (London: Granta, 2002).
———. *Black Mass* (London: Allen Lane, 2007).
Gribbin, John. *Hothouse Earth and Gaia* (London: Bantam Press, 1989).
Kahn, Herman, William Brown, and Leon Martel. *The Next 200 Years: A Scenario for America and the World* (New York: William Morrow, 1976).
Kunzig, Robert and Wallace S. Broecker. *Fixing Climate* (London: Green Profile, 2008).
Midgley, Mary. *Science and Poetry* (London: Routledge, 2002).
Morton, Oliver. *Eating the Sun* (Fourth Estate, 2007).
Pearce, Fred. *Turning Up the Heat* (London: The Bodley Head, 1989).
Schneider, Stephen H. *Global Warming* (San Francisco: Sierra Club Books, 1989).
———. *The Patient from Hell* (Cambridge, Mass.: Da Capo Press, 2005).

الفصل الثاني

Charlson, Robert, ed. *Earth System Science* (London: Academic Press, 2000).
Houghton, Sir John. *Global Warming* (London: Cambridge University Press, 2004).
Lawson, Nigel. *An Appeal to Reason: A Cool Look at Global*

Warming (London: Gerald Duckworth & Co. Ltd., 2008).
McGuffie, Kendal and Ann Henderson-Sellers. *A Climate Modeling Primer* (Chichester: Wiley, 2005).
Mann, Michael E., and Lee R. Kump, *Dire Predictions: Understanding Global Warming* (New York: DK Publishing, Inc., 2008).
Millennium Ecosystem Assessment Report (Washington, DC: Island Press, 2005).
Tickell, Sir Crispin. *Climate Change and World Affairs* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1986).

الفصل الثالث

Attenborough, Sir David. *Life on Earth* (London: Harper Collins, 1979).
Dawkins, Richard. *The Extended Phenotype* (Oxford and San Francisco: W. H. Freeman, 1982).
Fagan, Brian. *The Long Summer* (London: Granta, 2005).
Fortey, Richard. *The Earth* (London: Harper Collins, 2004).
Gore, Al. *An Inconvenient Truth* (London: Bloomsbury, 2006).
Lenton, Tim, and W. von Bloh, "Biotic Feedback Extends Lifespan of Biosphere," *Geophysical Research Letters* (2001).
Lovelock, James. *The Revenge of Gaia* (London: Allen Lane/Penguin, 2006).
Pearce, Fred. *When the Rivers Run Dry* (London: Transworld, 2006).
Schellnhuber, H.-J. *Earth System Analysis* (Berlin: Springer, 1998).
Turner, J. Scott. *The Extended Organism* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2000).
Wilson, Edward O. *The Diversity of Life* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1992).

الفصل الرابع

Ames, Bruce. "Dietary Carcinogens and Anticarcinogens," *Science*, 221 (1983), pp.1256–1264.

Comby, Bruno. *Environmentalists for Nuclear Energy* (Paris: TNR Editions, 2000).

Cravens, Gwyneth. *Power to Save the World: The Truth about Nuclear Energy* (New York: Alfred A. Knopf, 2007).

Laughton, Michael. *Power to the People* (London: ASI [Research] Ltd., 2003).

Nuttall, W. J. *Nuclear Renaissance* (London: Institute of Physics Publishing, 2005).

Rayner, Joel. *Basic Engineering Thermodynamics* (Longman, Harlow, Essex, 1996).

الفصل السادس

Harding, Stephan. *Animate Earth: Science, Intuition and Gaia* (Totnes: Green Books, 2006).

Kump, Lee R., James F. Kasting, and Robert G. Crane. *The Earth System* (New Jersey: Prentice Hall, 2004).

Margulis, Lynn. *The Symbiotic Planet* (London: Phoenix Press, 1998).

Margulis, Lynn, and Dorion Sagan. *Microcosmos* (New York: Summit Books, 1986).

Schneider, Stephen H., and Randi Londer. *The Coevolution of Climate and Life* (San Francisco: Sierra Club Books, 1984).

Strogatz, Steven H. *Nonlinear Dynamics and Chaos* (Cambridge, Mass.: Perseus Books, 2000).

Wilkinson, David. *Fundamental Processes in Ecology: An Earth Systems Approach* (Oxford, 2006).

الفصل السابع

Gribbin, John. *Deep Simplicity* (London: Penguin Books, 2004).

Hölldobler, Bert, and Edward O. Wilson. *The Superorganism* (New York: W. W. Norton, 2008).

Primavesi, Anne. *Gaia and Climate Change* (London: Routledge, 2009).

Wilson, Edward O. *Consilience* (London: Little Brown and Company, 1998).

الفصل الثامن

Carson, Rachel. *Silent Spring* (Boston: Houghton Mifflin, 1962).

Crichton, Michael. *State of Fear* (New York: Harper Collins, 2004).

Goldsmith, Edward. *The Way* (Boston: Shambhala, 1993).

Mabey, Richard. *Country Matters* (London: Pimlico, 2000).

———. *Beechcombings: The Narratives of Trees* (London: Chatto, 2007).

Porritt, Jonathon. *Playing Safe: Science and the Environment* (Thames and Hudson, 2000).

———. *Capitalism as if the World Matters* (London: Earthscan, 2005).

Rogers, Richard. *Cities for a Small Planet* (Faber & Faber, 1997).

الفصل التاسع

Rees, Martin. *Our Final Century* (London: William Heinemann, 2003).

كتب عن غايا

Lovelock, James. *Gaia: A New Look at Life on Earth* (Oxford University Press, 1979).

———. *The Ages of Gaia* (New York: W. W. Norton, 1988).

———. *Gaia: The Practical Science of Planetary Medicine* (1991), reprinted as *Gaia: Medicine for an Ailing Plane*t (London: Gaia Books, 2005).

———. *Homage to Gaia: The Life of an Independent Scientist* (Oxford University Press, 2000).



معجم المصطلحات

الوهج Albedo: مقياس يستخدمه الفلكيون لكمية الإشعاع الشمسي المنعكس من سطح كوكب ما. تتراوح هذه الكمية من 1 للانعكاس الكلي إلى «0» للامتصاص الكلي. يبلغ متوسط وهج الأرض «0.33»، بينما يقترب وهج السحب والجليد من الـ «1.0»، ويبلغ بالنسبة إلى المحيط أقل من «0.2». يخفض الاحترار العالمي من كميات الجليد والثلوج والسحب، مما يؤدي إلى وهج أقل للكوكب وإلى امتصاص أكبر للأشعة الشمسية، وبالتالي إلى احترار عالمي أكبر. وتتعلق الحرارة الممتصة من الأشعة الشمسية بالوهج، لكن هذا لا يجعل غابة معتمة بشكل آلي أسخن من صحراء فاقعة بالقرب منها. ولمعظم النباتات وهج أقل من متوسط وهج الكوكب لكنها تبقى باردة نتيجة تبخر الماء من أوراقها.

الطحالب Algae: هي أحياء تقوم بعملية التمثيل اليخضوري [أو البناء الضوئي] التي تستخدم أشعة الشمس لتصنع المادة العضوية والأكسجين. إن كل نباتات المحيطات تقريبا هي طحالب، بعضها وحيد الخلية، وبعضها الآخر مثل الكلب kelp يوجد على شكل تجمعات ضخمة من الخلايا بطول قد يصل إلى 60 مترا. ظهرت الطحالب الأولى على الأرض بعد بدء الحياة مباشرة منذ أكثر من ثلاثة مليارات سنة مضت. كان شكلها بكتيريا ولاتزال هذه الأحياء المجهرية منتشرة. فلا تزال موجودة إما على شكل أحياء تعيش بحرية أو بشكل أهم على شكل مغلفات تدعى صانعة اليخضور chloroplast ضمن الخلايا الأكثر تعقيدا من النباتات. تؤثر الطحالب بشكل كبير في مناخ الأرض. فهي تزيح غاز ثاني أكسيد الكربون من الهواء، وهو مصدر غاز ثاني ميثيل الكبريت (DMS)، الذي يتأكسد في الهواء ليصبح على شكل نوى صغيرة تشكل بذورا لقطرات السحب. والطحالب الأحفورية هي مصدر النفط. ويعتمد نموها على سطح الماء في البحار بشكل كبير على درجة حرارة الماء. فإذا زادت درجة الحرارة هذه من 18 إلى 21 درجة فهرنهايت فإن الخصائص الفيزيائية للمحيطات تمنع حصول الطحالب على المواد المغذية وبالتالي تمنع ازدهارها. وقد تشكل المزارع الطحلبية مصدرا للغذاء والوقود في المستقبل.

الغلاف الحيوي Biosphere: صاغ الجغرافي السويسري إدوارد سويس مصطلح الغلاف الحيوي العام 1875، ليدل على المنطقة الجغرافية من الأرض التي تحتوي على أشكال الحياة. وبهذا المعنى فهو مصطلح دقيق ومفيد ويشبه مصطلح «الغلاف الجوي» و«الغلاف المائي» اللذين يحددان على التوالي أماكن وجود الهواء والماء على

الأرض. وفـــي النصف الثاني من القرن العشـــرين وســـع عالم المعادن الروسي فيرنادســـكي تعريف الغلاف الحيوي ليشـــمل مبدأ مشاركة الأحيـــاء الفاعلة في التطـــور الجيولوجي بوضع هذه الفكرة في عبارة «الأحيـــاء قوة جيولوجية». لقد اتبع فيرنادســـكي تقليدا وضع من قبل داروين، وهكســـلي، ولوتكا، وريدفيلد وآخرين، لكنه على النقيض منهم لم تكن أفكاره منســـقة علميا. ويُســـتخدم مصلح الغلاف الحيوي الآن بمعنى فيرنادسكي نفسه، ككلمة غير دقيق تعترف بتأثير الأحياء على الأرض من دون أن تتنازل عن سيادة الإنسان.

نظريـــة الشـــواش Chaos Theory : ميزت الوثوقية والحتمية تطور العلم في القرن التاسع عشر ومعظم القرن العشرين، لكنها تستمر الآن غير مدركة أن الحتمية التي عايشت هذا التطور لفترة طويلة أضحت الآن ميتـــة. لقد ظـــل إدراك أن العلم ظرفي ولا يمكنـــه أبدا أن يكون حتميـــا موجودا دوما في أذهان العلماء البارعين. لقد أدى اســـتخدام علم الإحصاء في القرن التاســـع عشر إلى جعل الفكر الاحتمالي أكثر وضوحـــا من الحتميـــات المبنية على الإيمان. لقد أدى اكتشـــاف عدم الفهـــم الكامل لظاهرة الكم إلـــى الاضطرار لقبول عالم احتمالي بدلا من عالم حتمي. وقد اســـتُكمل هذا لاحقا بالاكتشـــافات التي أتت من توافر الحاســـبات. لقد مكنت هذه الحاســـبات العلماء من استكشاف عالـــم الحركـــة - رياضيات النظـــم المتحركة والمتدفقـــة والحية. لقد أظهرت التبصرات من التحليل العددي لحركية الوسائل من قبل إدوارد لورنـــز ولبيولوجيا الســـكان من قبل روبرت ماي ما دعي بـ «الشـــواش المحتم». إن دراســـة أنظمة كالطقس، وحركة أكثر من جسمين فلكيين مرتبطين بالجاذبية، أو حركة أكثر من شيئين في حالة تنافس حساسة جدا للظروف الأولية لمنشـــئها، وهـــي تتطور بصورة لا يمكن التنبؤ بها تماما - دراســـة هذه الأنظمة هي حقل علمي يتميـــز بالغنى والتنوع، ويتعزز بالتألق المرئي للصور الغريبة للهندسة الكسورية. ومن المهم أن نلاحظ أن الأنظمة الميكانيكيـــة الحركية الكفؤة كالملاح الآلي لطائرة، حرة من التصرف الشواشي، وينطبق الشيء نفسه على الأحياء الحية غير المريضة. ويمكن للأحياء أن تســـتخدم الشـــواش عندما يناسبها ذلك، لكنه ليس جزءا مميزا من وظيفتها العادية.

التعايش Consilience : شـــعر ويلسون - وهو أميز علماء الأحياء في مجال التطور - وهو يكتب عن عدم التوافق بين علم القرن العشـــرين والدين، بالحاجة اللاشـــعورية لدى معظمنا لشـــيء ما وراء الطبيعة،

شــيء أكثر مما يأتي من التحليل الفكري البارد. لقد فتش عن الكلمة الثمينــة «Consilience» التي كانت محل نقــاش طويل ولكن حار، وعرضهــا على أنها شــيء يربط أفــكار العلمــاء الاختزاليين بالناس الأذكياء الآخرين، وخاصة أولئك المؤمنين منهم. وأعتقد أنه نظر إليها على أنها اسم لمبدأ يسمح لهذين الموضوعين غير المتفقين ظاهريا بأن يتطور، إن لم يكن معا فبالتوازي على الأقل. وقد عبر عن أفكاره بشكل رائع في كتابه «Consilience».

علم نظام الأرض Earth System Science: هــو علــم نمــا ضمــن مجتمع علماء الأرض بين أولئك الذيــن كانوا غير راضين عن الجيولوجيا التقليدية كبيئة معرفية لشرح تدفق المعارف حول الأرض. وعلى الأخص يكره علماء نظام الأرض تقســيم علوم الأرض والأحياء إلــى غلاف حيوي وغلاف جيولوجــي. ويفضلون بدلا من ذلك اعتبار الأرض وحدة حركية واحــدة ترتبط ضمنها المواد والأحياء بقوة. هذا المبدأ مع نتيجته التي تقول إن الأرض تتحكم ذاتيا بمناخها وكيميائيتها ذُكر علنا في إعلان أمســتردام عام 2001. لقد نشأ علم نظام الأرض مــن نظرية غايا لكنه يختلف عنها برفضــه رؤية قابلية الأرض للحياة كهدف للتحكم الذاتي بمناخ الأرض وكيميائيتها.

خدمات النظام البيئي Ecosystem Services: طُرحــت هذه العبــارة من قبــل عالم الأحياء بــول اهرليش وزملائــه العام 1974 للاعتــراف بأن النظام البيئي أكثر من مجــرد مكان يمكن فيه لعلماء الأحياء أن يدرســوا التنوع الحيوي. نظــر اهرليش، مثله مثل إيوجين أودم، إلــى الأنظمة البيئية على أنهــا آليات تنظيم محلية للمناخ والماء والمصادر الكيميائية. إن «خدمات النظام البيئي» مصطلح مفيد عندما يســتعمل بهذا المعنى المحلي لنظام بيئي مثل غابة استوائية، لكنه أقل نفعــا عندما يطبــق عالميا لأن القــوى الفســيوجولوجية والبيولوجية مرتبطة بعضها ببعض بقوة.

فرضيــة غايا Gaia Hypothesis: افتــرض جيمــس لفلوك ولين مارغوليس أوائل الســبعينيات أن الحياة على الأرض تحافظ بفاعلية على الشــروط على الأرض بشــكل يحابــي أي مجموعة معاصرة من الأحيــاء. وعندمــا طرحت هــذه الفرضيــة كانت مناقضــة للحكمة التقليدية التــي تقول إن الأحياء تأقلمت مع ظروف الكوكب كما هي، وأنهــا تطورت بطرقها المختلفة. ونعلــم الآن أن الفرضية كما طرحت فــي البداية كانت خاطئة لأن الأحيــاء لا تقوم وحدها بعملية التحكم،

ولكـــن نظام الأرض بكامله. لقد تطـــورت الفرضية إلى ما يعرف الآن بنظرية غايا.

نظريـــة غايـا Gaia Theory: هـــي نظـــرة إلـــى الأرض قدمت في الثمانينيـــات تـــرى الأرض كنظام يتحكم في نفســـه ذاتيـــا يتألف من مجمـــوع الأحياء، والصخور الســـطحية، والمحيطات، والغلاف الجوي مرتبطة بقوة بعضها مع البعض الآخر كنظام يتطور باســـتمرار. وترى هـــذه النظرية أن لهـــذا النظام هدفا وهو التحكم فـــي الظروف على سطح الأرض بحيث تكون دوما ملائمة ما أمكن للحياة المعاصرة. بنيت هـــذه النظرية على الملاحظات والنماذج النظريـــة وهي نظرية مفيدة قدمت عشرة تنبؤات ناجحة.

تأثيـــر الدفيئة Greenhouse Effect: يقع معظم طاقة الإشـــعاع الشمســـي في المجال المرئي وقرب تحت الأحمر. ويكون الهواء الخالي من الغيوم والغبار شـــفافا لهذا الإشـــعاع مثل زجاج بيت الخضراوات. تســـخن الســـطوح على الأرض أو ضمن بيت الدفيئة بأشعة الشمس وينتقل بعض هذه الحرارة إلى الهواء الملامس لهذه الســـطوح. ويحبس الهواء الدافئ في بيت الخضراوات لأن الجدران والســـقف الزجاجي تمنع الرياح من ســـحبه. ويحافظ على حرارة الأرض بطريقة مشابهة، وإن لم تكن متطابقة، بامتصاص الحرارة المشـــعة الصادرة عن ســـطح الأرض الحار من قبل غازات ثاني أكسيد الكربون، وبخار الماء والميثان. هذه الغازات الموجودة في الهواء، على الرغم من أنها شـــفافة للضوء، فإنها معتمـــة جزئيا لموجات الأشـــعة الأطول الصادرة عن الســـطوح الحـــارة. لقد حافظ تأثير بيت الخضراوات على ســـطح الأرض دافئا وبغياب التلوث فهو مفيد، ومن دونه ســـتكون الأرض أبرد بـ 58 درجة فهرنهايت وربما غير صالحة للحياة.

دائـــرة راجعـــة Hysteresis: يمكن لنظام مدفـــوع أن ينتقل من حالة مســـتقرة إلـــى أخرى، كما يتحرك بـــاب عندما يدفع مـــن مفتوح إلى مغلق. وعندما يفشـــل النظام نفسه في الاســـتجابة للدفع في الاتجاه المعاكـــس، كأن البـــاب مربوط، يقال إن النظام فـــي حالة دائرة راجعة Hysteresis. وتظهر العديد من الأنظمة الطبيعية والهندســـية هذه الحالـــة، كما هي حال النظام المناخي للأرض ونظام التحكم في تدفئة بيتك. عندما تكون درجة حرارة الغرفة تحت نقطة محددة على ميزان الحرارة يبدأ نظام التدفئـــة بالعمل وتتدفق الحرارة إلى الغرفة، حتى تصبـــح درجة الحرارة أعلى بدرجة أو مـــا يقرب من ذلك فوق النقطة

المحـــددة، حيث ينطفئ الجهاز. هناك إذن فترة تبريد إلى درجة أو ما يقـــرب من ذلك تحت النقطة المحددة، حيث يبـــدأ النظام بالعمل مرة ثانية. هذا مثال عن الدائرة الراجعة Hysteresis ويستجيب النظام المناخي بطريقة مشـــابهة. وهذا هو الســـبب في أن خفض كمية ثاني أكسيد الكربون في الهواء قد لا يتبعه هبوط فوري في درجة الحرارة.

الحيـــاة Life: تتواجد الحياة بشـــكل متزامن ولكـــن منفصل في حقول الفيزياء، والكيميـــاء، وعلم الأحياء وبالتالي فليـــس لها تعريف علمي محـــدد. فالفيزيائيون يعرفونها على أنها شـــيء يوجـــد ضمن حدود ولكنها تخفض آنيا انتروبيتها (شواشـــها)، بينما يطرح هذا الشـــواش إلى البيئة المحيطـــة بها. ويقول الكيميائيون إنهـــا مؤلفة من جزيئات ضخمـــة تتألـــف بشـــكل رئيس مـــن عناصـــر الكربـــون والنتروجين والأكســـجين والهيدروجين، ونســـب أقـــل لكن ضرورية مـــن الكبريت والفســـفور والحديد، مع مجموعة من عناصر الأثر النادرة التي تشمل الســـيلينيوم واليود والكوبالت، وعناصر أخـــرى. ويرى علماء الكيمياء الحيوية والتشـــريح الحياة موجودة دومـــا ضمن جدران خليوية تحوي بيئة سائلة بتركيز متحكم فيه جيدا من الشوارد، بما في ذلك عناصر مثل الصوديوم والبوتاســـيوم والكالســـيوم والمغنيزيوم والكلور. وتحمل كل خلية مواصفات كاملة ومجموعة تعليمات على شـــكل شـــيفرة على جزيئـــات طويلة خطية من حمض ثاني أوكســـي ريبونيلـــك. ويعرفها علمـــاء الأحياء علـــى أنها حالة من المادة الحركيـــة التي يمكنها إعادة إنتاج نفســـها وتتطور فيها العناصر المستقلة بالاختيار الطبيعي. يمكن ملاحظة الحياة وشـــرحها، وتحليلها لكنها ظاهرة ناشئة وقد يكون من غير الممكن أبدا شرحها بطريقة عقلانية.

التغذيـــة الراجعـــة الســـلبية والإيجابيـــة Positive and Negative Feedbacks: إن الأنظمـــة المتحكمة في نفســـها ذاتيا مـــن أي نوع كانت، من الفرن المتحكم في درجة حرارته إليك نفســـك، تحوي دوما شيئا يتحسس أي انحراف عن الحالة المرغوبة أو المختارة، ومصدرا للطاقة، والوســـائل لتطبيق القوة التي تعاكس هذا الانحراف أو تدعمه. وعندما تنحرف ســـيارة نقودها عـــن الطريق الذي تختاره نحس بهذا الانحراف ونطبـــق بذراعينا بقوة كافية على عجلة القيادة لحرف عجلات السيارة الأمامية إلى الطريق الصحيح: وهذا ما يدعى التغذية الراجعة السلبية. ولو كانت آلية القيادة معطلة لسبب ما بحيث يـــؤدي تحريك عجلة القيـــادة إلى إدارة العجـــلات الأمامية لتزيد من

انحراف السيارة فسيمثل هذا تغذية راجعة إيجابية. ويشكل هذا غالبا وصفة لحدوث كارثة. لكن التغذية الراجعة الإيجابية يمكن أن تكون ضرورية لجعل النظام حيا سريع الاستجابة. وعندما نتكلم عن الحلقات المفرغة، نفكر في التغذية الراجعة الإيجابية، وهي الحالة التي تبدو عليها الأرض الآن، فالانحرافات في المناخ تتضخم ولا تتقلص، بحيث إن كمية أكبر من الحرارة تقود إلى حرارة أكبر.

تجوية الصخور Rock Weatherin: تتضخم الجبال باستمرار على السطح لأن الصخور الحارة المستعرة شبه السائلة تحته تدفع صفائح الصخور العائمة إلى الاصطدام. وبالنسبة إلى مقياسنا الزمني فإن الجبال ملامح دائمة على سطح الأرض، لكنها بالنسبة إلى مقياس غايا الزمني فإنها قصيرة العمر وتهترئ بعوامل الطقس. تتصدع الصخور بفعل الجليد وتَتَحَتُّ برمال تدفعها الرياح، وأكثر من ذلك كله فهي تنحل بمياه الأمطار. ويدعو الجيوكيميائيون انحلال الجبال بواسطة الأمطار «تجوية كيميائية للصخور». ويتم هذا لأن مياه الأمطار تحوي ثاني أكسيد الكربون المنحل الذي يتفاعل مع الصخور ليشكل كربونات الكالسيوم المنحلة. ينتقل هذا المحلول بواسطة الجداول والأنهار إلى المحيطات. هذا المصرف المهم لثاني أكسيد الكربون اعتبر حتى نحو العام 1980 من قبل علماء الأرض عملية كيميائية بحتة. بيد أننا نعلم الآن أن وجود الأحياء - من البكتريا والطحالب على سطح الصخور، إلى الأشجار التي تنمو في التربة - يزيد تجوية الصخور وإزاحة ثاني أكسيد الكربون من ثلاثة إلى عشرة أمثال. وهذا شيء أساسي ومهم للحفاظ على الأرض باردة وهو جزء من نظام التحكم الذاتي لغايا.

النظام System: يعرف قاموس وبستر الجديد النظام على أنه «مجموعة أشياء ترتبط بشكل من التفاعل والاعتماد المتبادل» مثل النظام الشمسي، والنظام العصبي، أو نظام تشغيل حاسوبك، فإن هذا هو معنى كلمة النظام في هذا الكتاب.



المؤلف في سطور

جيمس لفلوك

* عالـم بيئي وباحث مستقل. ولد في العام 1919، ويعيش حاليا في ديفون - إنجلترا.
* له الفضل في اختراع جهاز طيف الكتلة، والذي قاد إلى قياس تركيز الملوثات النادرة في البيئة، كما أن له الفضل في اختراع وتطوير العديد من الأجهزة والأدوات العلمية لمصلحة وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا).
* هو أحد رواد علم البيئة في الستينيات، ويعد اليوم من أهم المناصرين للطاقة النووية.
* هو صاحب نظرية غايا، موضوع هذا الكتاب، التي تقول إن كل الأجزاء الحية وغير الحية من كوكب الأرض تعمل معا في تناغم لتكون كائنا حيا واحدا.

المترجم في سطور

د. سعد الدين خرفان

* من مواليد حمص - سورية 1946.
* بكالوريوس شرف في الهندسة الكيميائية من جامعة ليدز 1969.
* ماجستير في البتروكيمياء من جامعة مانشستر 1970.
* دكتوراه في هندسة المفاعلات من جامعة نيوكاسل 1976.
* له عدة مؤلفات في الهندسة الكيميائية والحاسوب والإدارة والبيئة والطاقة، والعديد من البحوث والدراسات في المجلات العلمية المتخصصة.
* ترجم لسلسلة عالم المعرفة كتاب «رؤى مستقبلية: كيف سيغير العلم حياتنا في القرن الواحد والعشرين» العدد 270.



هذا الكتاب

يتناول هذا الكتاب موضوع التغير المناخي، وهو الموضوع الأول عالميا، بطريقة مختلفة وطريفة، فكاتبه هو صاحب نظرية غايا (الأرض في الأساطير اليونانية) التي ترى الأرض كنظام يتحكم في نفسه ذاتيا، يتألف من مجموع الأحياء والصخور السطحية والمحيطات والغلاف الجوي المرتبطة بقوة بعضها مع البعض كنظام يتطور باستمرار. ترى هذه النظرية أن لهذا النظام هدفا وهو التحكم في الظروف على سطح الأرض، بحيث تشكل دوما البيئة المناسبة لاستمرار الحياة. وهو يرى أن وجه الأرض أو ملامحها من غابات وقبعات جليدية وأحياء تتلاشى بسبب الاحترار العالمي. يختلف المؤلف مع المنظمة الحكومية لتغير المناخ (IPCC) في أن قراراتها تراعي التوافق بين الدول المشاركة كلها على حساب الحقيقة العلمية، وبالتالي فإن سيناريوهاتها حول التغيير المناخي وآثاره جاءت أدنى مما هو في الواقع. كما يناقش المؤلف موضوع الحد من إصدار غازات الدفيئة والتحول إلى مصادر بديلة للوقود الأحفوري. وهو يخالف من يقول بالاعتماد على الطاقات المتجددة، كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح، ويدعم استخدام الطاقة النووية لأنها توفر البديل اللازم بالسرعة المطلوبة لإنقاذ الأرض من الاحتباس الحراري.

هذه الآراء والأفكار مثيرة للجدل، كما هي حال موضوع الاحتباس الحراري نفسه، ولكن مما لا يقبل الشك أن هذا الموضوع يهمنا جميعا لأنه يتعلق بمصيرنا على وجه هذا الكوكب.

ISBN 978 - 99906 - 0 - 360 - 6
رقم الإيداع (2012/234)